

# MASCHINEN im Modellbau

D: 6,50 € • CH: 12,00 SFr

A: 7,60 € • B/NL/L: 7,65 €

2/2016

## Echtdampf extrem

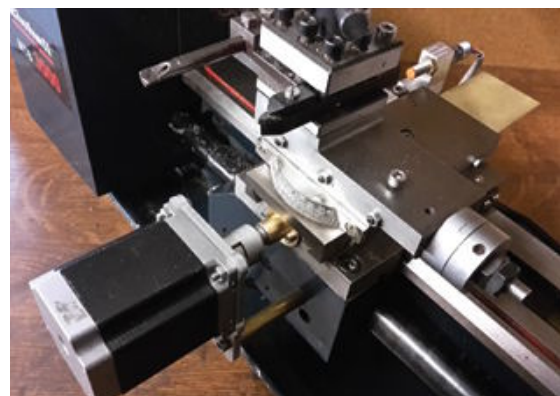
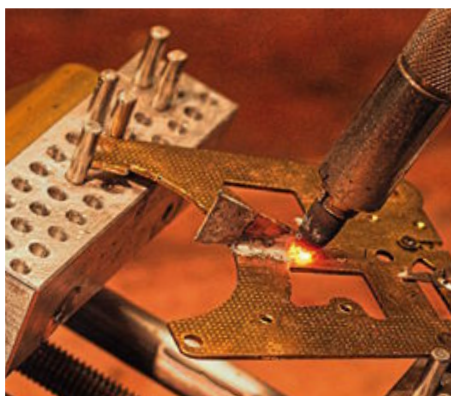
Spur-1-  
Lok mit  
Turbine



**Mit bis zu 700 Ampere:**  
Widerstandslöten

**Im Test:** Serie 2 der  
CNC-Systeme von Stepcraft

**CNC-Umbau:**  
Aufrüstung einer Drehbank





# Das Schiffsmagazin auf **Erfolgskurs**



**SCHIFFS**  
PROPELLER 750 €

2.2015 Fachmagazin für den Schiffsmodellbauer

**TITANIC-SUCHER**  
Forschungsschiff  
Le Suroît

- **Schottelpropeller** im Eigenbau
- **Mini-Retter:** Kreuzer Berlin in 1:72 mit vielen Funktionen
- **Steuerräder** selbst angefertigt
- **Ausstattung für Binnenschiffe** und die Umsetzung ins Modell
- **Polster für Modelljachten** selbst gemacht

## Bestellen Sie jetzt Ihr Heft!

Nicht im regulären Zeitschriftenhandel erhältlich - Direkt-Bestellung über den Verlag



BESTELLSERVICE Tel: 07221 - 5087 -22

Fax: -33, [service@vth.de](mailto:service@vth.de) • [www.shop.vth.de](http://www.shop.vth.de)



Liebe Leserinnen und Leser,



es gibt Projekte, die lassen einen nicht los, begleiten das Leben über viele Jahre oder sogar Jahrzehnte. Werner Jeggli geht es so mit seinen Turbinenloks im Spur-1-Maßstab. Seit 2002 beschäftigt ihn das Thema intensiv, durch unzählige Ideen, Versuche, Erfolge und auch Misserfolge reifte die Konstruktion bis zur aktuellen Entwicklungsstufe – der LMS Turbomotive. Ich freue mich sehr, dass wir Ihnen dieses weltweit wohl einmalige Echtdampf-Highlight in der MASCHINEN IM MODELLBAU vorstellen können. Unser Schweizer Autor fertigte auch die filigransten Teile seines Einzelstücks auf klassischen, rein mechanischen Werkzeugmaschinen. Wenn es um solche Präzision und vor allem Wiederholbarkeit geht, setzen viele Modellbauer mittlerweile jedoch auf Computerunterstützung. Nach dem erfolgreichen Umbau seiner Fräse wagte sich Stefan Schmitz an die CNC-Umrüstung einer Drehbank und verliert trotz aller Begeisterung nie die Kosten aus dem Blick. Ein kniffliges, aber lohnenswertes Stück Arbeit, das die eigenen Fertigungsmöglichkeiten erheblich bereichert.


Und nun wünsche ich Ihnen viel Vergnügen mit der aktuellen Ausgabe!

*Peter Hebbeker, Chefredakteur MASCHINEN IM MODELLBAU*

Jeden Donnerstag

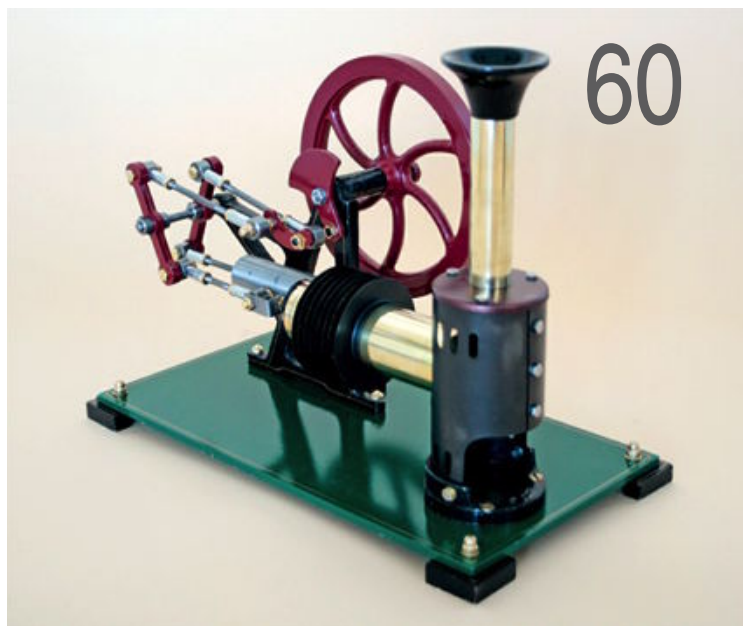
9 bis 17 Uhr      Direktverkauf im Verlag  
15 bis 17 Uhr      Club-Time

Das Verlagsgebäude ist nur wenige Minuten von der A5 (Ausfahrt Rastatt Süd, Haueneberstein) entfernt in der Robert-Bosch-Str. 2-4, 76532 Baden-Baden.

Der  lädt  
zur Club-Time

Viel zu entdecken gab es für Groß und Klein beim  
20. Echtdampf-Hallentreffen in Karlsruhe (ab Seite 46)





## UNTER DAMPF

- 10** Echtdampf-Turbinenlok LMS Turbomotive
- 62** Raddampfer „Rigi“

## MOTOREN

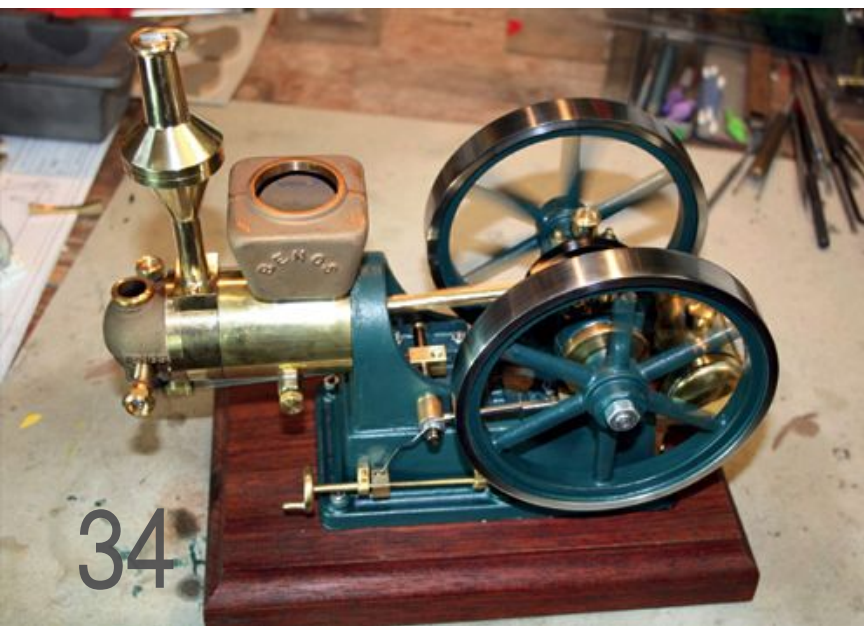
- 34** Flammenfresser „Kurfürst“ von Bengs
- 60** Liegender Stirlingmotor mit Schwinghebeln

## IN DER WERKSTATT

- 18** Im Test: Serie 2 der CNC-Systeme von Stepcraft
- 23** Für Fortgeschrittene: Widerstandslöten
- 38** Umbau einer Drehbank auf CNC-Steuerung
- 52** Selbstgemacht: Flüssiggas-Füllventil für die Dampfmaschine







34



62

## TECHNIK-REPORT

- 46** Das 20. Echtdampf-Hallentreffen in Karlsruhe
- 54** Windjammer und Dampftechnik auf der Sail Bremerhaven

## STÄNDIGE RUBRIKEN

- 3** Editorial
- 4** Inhalt
- 6** Markt und Meldungen/Termine
- 66** Vorschau und Impressum

## BEILAGENHINWEIS

Der Inlandsauflage dieser Ausgabe liegen Prospekte der Firma Atlas Verlag bei. Wir bitten unsere Leser um freundliche Beachtung!



54

23





## Modellbau Wels, 8. bis 10. April – Volle Kraft voraus!

Modellbaufans können sich den Termin von 08. bis 10. April 2016 gleich rot im Kalender markieren, wenn die Modellbau Wels zum vierten Mal mit „Volldampf“ durchstartet. Drei Tage lang bietet Österreichs spektakulärste Modellbauesse in Wels (Oberösterreich) ein hochwertiges Ausstellungsangebot von Flugmodellen, Automodellen, Modelleisenbahnen bis hin zu Schiffmodellen und Echtdampf. Top-Aussteller präsentieren sowohl für Einsteiger als auch Profis die aktuellen Produktneuheiten für die kommende Modellbau-Saison.

### Faszination Echtdampf

Bei der Modellbau Wels entfachte der **Echtdampf-Bereich** in den letzten zwei Jahren das Interesse der Modellbaufans und ist deshalb auch für 2016 fixer Bestandteil. Neu dabei unter den Ausstellern ist die Firma Knapfer Modell- und Feinwerktechnik, die somit erstmals auf einer Messe in Österreich vertreten ist. Die Firma Zeilsheimer Kleinbahn zeigt u. a. eine englische Echtdampf Feldbahn in Wels. Vom Dampfboot, stationären Maschinen über Dampftraktoren bis hin zu Echtdampfbahnen in allen Spurweiten bietet die Modellbau Wels einen spannenden Einblick in dieses Thema. Eine einzigartige Geräuschkulisse, der typische Geruch von Kohle betriebenen Modellen und die realistische Gestaltung von Anlagen und Exponaten sorgen für ein einmaliges



und nostalgisches Erlebnis. Besonderes Highlight ist auch wieder das Schaufahren von Dampfschiffen in Österreichs größtem Hafenbecken.

Mit dabei ist wieder die 7¼-Zoll-Echtdampf-Bahn aus dem Ampertal, die mit einer Spurweite von 184 mm die kleinste Echtdampf-Bahn zum Mitfahren ist. Eine Fahrt mit „Gustl“ ist ein tolles Erlebnis für Groß & Klein! Die diesjährige Strecke

in der nagelneuen Messehalle 21 wird mit einer noch längeren Gleisanlage die Anlage vom Vorjahr übertrumpfen und ist somit die größte Echtdampfanlage bei einer Modellbaumesse in Österreich. Die Planungen laufen bereits auf Hochtouren. Es wird an einem umfangreicheren Schienennetz für die Ampertalbahn gefeilt. Insgesamt erwartet die Besucher also bei der Modellbau Wels ein Echtdampfbereich mit noch größeren Loks, noch mehr Gastfahrern und noch mehr Exponaten – man darf gespannt sein.

### Info

#### Modellbau Wels 2016

8. bis 10. April, Messe Wels  
FR & Sa 09.00 bis 18.00 Uhr  
So 09.00 bis 17.00 Uhr  
[www.modellbau-wels.at](http://www.modellbau-wels.at)



## Technik Museum Speyer

Am 7. und 8. Mai 2016 wird das Technik Museum Speyer beben, denn es findet wieder das **spektakuläre Technik-Festival Brazzeltag** statt. Technikbegeisterte sollten sich schon jetzt den Termin vormerken, denn auch bei der nächsten Auflage des Events geht es heiß

„Brazzefahrzeugen“ welche den vorgegebenen „Brazzelkriterien“ entsprechen, können sich unter [www.brazzeltag.de](http://www.brazzeltag.de) für einen der begehrten Stellplätze bewerben. Genaue Informationen und die Teilnahmebedingungen gibt es unter [www.brazzeltag.de](http://www.brazzeltag.de). Der Brazzeltag ist im regulären Eintritts-

her. Ob Oldtimer, Motorräder, Sonderumbauten, US-Cars oder PS-Giganten – eines ist sicher, egal ob auf 2 oder 4 Rädern – es wird laut! Die Anmeldung für die limitierten Teilnehmer Stellplätze ist seit Montag, 11. Januar 2016 möglich. Besitzer von

preis des Technik Museum Speyer enthalten. Tageskarten gibt es direkt an der Kasse oder im Onlineshop (Silberkarten) unter [www.brazzeltag.de](http://www.brazzeltag.de). 2-Tages-Tickets gibt es zu 22,00 Euro an den Kassen der Technik Museen Sinheim und Speyer und ebenfalls im Onlineshop. Der Sonderpreis von 22,00 Euro gilt für alle Altersgruppen. Weitere Informationen zum Brazzeltag 2016 sowie Fotos von vergangenen Veranstaltungen gibt es unter [www.brazzeltag.de](http://www.brazzeltag.de).

### Info

Technik Museum Speyer  
Am Technik Museum 1  
67346 Speyer  
Tel.: 06232 67080  
Internet: [www.technik-museum.de](http://www.technik-museum.de)



## Stepcraft

Stepcraft hat neu einen **Brandkolben** auf den Markt gebracht, mit dem sich unterschiedlichste Gravuren in Hölzer einbrennen lassen. Auf einfache Art und Weise können so Holzdekore erstellt werden. Mit diversen Spitzen und Stempeln lassen sich zudem verschiedene Strukturen und Verzierungen erzeugen. Das Einsatzwerkzeug wird hierfür senkrecht im Desktop-CNC-System befestigt und erhitzt sich anschließend auf circa 550°C. Die Brandintensität lässt sich dann durch die jeweils gewählte Vorschubgeschwindigkeit und Einwirkzeit beeinflussen. Bei der Arbeit mit dem Brandkolben wird das Holz leicht



angebrannt, wodurch sich das Material bräunlich verfärbt und somit die jeweilige Struktur sichtbar werden lässt. Eine schnelle und einfache Technik, die sich vielseitig einsetzen lässt.

### Info

Stepcraft GmbH & Co. KG  
Tel.: 02371 9748574  
E-Mail: [info@stepcraft-systems.com](mailto:info@stepcraft-systems.com)  
Info: [www.stepcraft-systems.com](http://www.stepcraft-systems.com)



## Gewinner Eisenbahnsimulation EEP 12

In der Januar Ausgabe der MASCHINEN IM MODELLBAU verlost ein Exemplar der Eisenbahnsimulation EEP 12 in der Expert-Version. Die Gewinnspiel-Frage lautete: „Wie hieß die erste kommerziell erfolgreich in Deutschland eingesetzte Dampflokomotive aus dem Jahr 1835?“ **Die richtige Antwort lautet: „B) Adler“.** Der Gewinner wurde gezogen! **Gewonnen hat Herr Johann Maier aus Augsburg!** Wir danken allen Gewinnspiel-Teilnehmern für das Mitmachen und gratulieren dem glücklichen Gewinner!

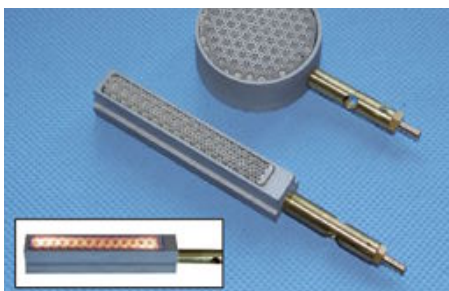
## TS-Modelldampfmaschinen

Seit Januar 2016 führt TS ein **komplett überarbeitetes Programm an Keramikbrennern**. Das Sortiment wurde komplett überarbeitet, um eine schnellstmögliche Fertigung zu ermöglichen. Vor allem wurden die Abmessungen der WILESCO-Brenner, für liegende Kessel, verändert. Diese Brenner haben jetzt eine Höhe von 22 mm und passen dadurch ohne Nacharbeit in das vorhandene Kesselhaus. Im Bereich Keramikbrenner rund bietet TS die folgende Durchmesser an: 40 mm, 50 mm, 60 mm, 70 mm und 90 mm. Der Durchmesser 40 mm wird aus Vollmaterial und die restlichen Abmessungen aus Gussteilen gefertigt. Die Brenner besitzen eine gute Regelbarkeit und sind so eingestellt,

dass sich selbst bei voll aufgedrehtem Ventil kaum eine Flamme über der glühenden Keramik bildet.

Im Bereich Ersatzbrenner für WILESCO-Dampfmaschinen wird zum einen ein Brenner mit einer Länge von 100 mm und ein Brenner mit 60 mm angeboten. Durch den Einsatz eines solchen Brenners entfallen das lästige Nachlegen von Trockenbrennstoff und eine Verunreinigung des Kessels völlig. Betrieben werden alle diese Brenner mit einem Gemisch aus Propan/Butan aus einer Gaskartusche wie zum Beispiel AT2000 von CFH. Zu diesen Brennern werden auch ein entsprechendes Gasventil mit Eurogewinde, der Schlauch und die Schlauchklemmen angeboten.

Weitere Informationen über Abmessungen und Preise finden sie unter: [www.ts-modelldampfmaschinen.de](http://www.ts-modelldampfmaschinen.de)



### Info und Bezug

TS-Modelldampfmaschinen  
Torsten Schür  
Kurhausstraße 17  
09548 Seiffen  
Tel.: 037362 76825  
E-Mail: [torstenschuer@web.de](mailto:torstenschuer@web.de)

# Top Ten

der Fachbücher \*



**Faszination Multicopter**  
ISBN: 978-3-88180-451-6  
Preis: **22,80 €**

1



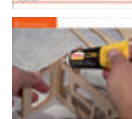
**Flugmodellbau mit Holz**  
ISBN: 978-3-88180-459-2  
Preis: **24,80 €**

2



**Das Klebstoffbuch**  
ISBN: 978-3-88180-467-7  
Preis: **24,80 €**

3



**Brushless-Motoren und -Regler**  
ISBN: 978-3-88180-427-1  
Preis: **19,80 €**

4



**Das große RC-Heli-Buch**  
ISBN: 978-3-88180-423-3  
Preis: **29,80 €**

5



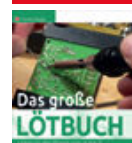
**Das große Lötbuch**  
ISBN: 978-3-88180-469-1  
Preis: **27,80 €**

6



**Mahagoniboote**  
ISBN: 978-3-88180-464-6  
Preis: **23,80 €**

7



**RC-Wasserflugmodelle**  
ISBN: 978-3-88180-466-0  
Preis: **23,80 €**

8



**2,4-GHz-Fernsteuerungen**  
ISBN: 978-3-88180-449-3  
Preis: **17,80 €**

9



**Schiffsmodelle selbst gebaut**  
ISBN: 978-3-88180-468-4  
Preis: **24,80 €**

10



▲ aufgestiegen ■ unverändert ▼ abgestiegen

### Bestellhotline:

Telefon: 0 72 21-50 87 22  
Top-Ten-Bücher per E-Mail: [service@vth.de](mailto:service@vth.de)

\* Ermittelt von den VTH Special-Interest-Zeitschriften





### Franzis Verlag Pure Pretzel Power: Ein Board für alle Fälle

Sonst eher für die begleitende Fachliteratur zu verschiedenen Boards bekannt, bringt der Franzis

Verlag nun erstmals eine Eigenentwicklung auf den Markt: Das Pretzel-Board. Mit dem Pretzel-Board erweitert der Franzis Verlag sein Portfolio auf selbst entwickelte Hardware. Das Pretzel-Board ist ein Mikrocontroller mit Wifi-Schnittstelle, der speziell für das Internet of Things konzipiert wurde und der mit 29,95 Euro deutlich günstiger als vergleichbare Alternativen ist. Mehrere Erweiterungs-Shields für das Board sind

bereits in Planung. Der Verlag aus Haar bei München konnte sich in den letzten Jahren bereits einen Namen in der Maker-Bewegung machen, bisher jedoch vor allem durch begleitende Fachliteratur, Lernpakete und die Distribution des Mikrocontrollers Arduino™. Das Thema Internet of Things ist in aller Munde. Doch im Gegensatz zu anderen technischen Neuerungen gibt hier nicht die Industrie den Ton an, sondern kann allenfalls mit dem mithalten, was Startups und ambitionierte Hobby-Elektroniker gerade auf den Markt bringen. Auch das Pretzel-Board zählt zu diesen Entwicklungen. Die Hardware des Pretzel-Boards ist vergleichbar mit einem Arduino Nano mit Wifi-Shield. Dank einer Programmbibliothek ist das Board über die Arduino IDE programmierbar und macht dann Projekte

von der Licht- oder Heizungssteuerung, bis hin zur Steuerung von Lego-Modellen oder Robotern möglich. Der Nutzer steuert das Pretzel-Board ganz einfach z. B. via Smartphone. Dank der einfachen Programmierung über die Arduino IDE eignet sich das Pretzel-Board auch hervorragend, um Programmieren zu lernen. Seinen Namen verdankt das Pretzel-Board übrigens nicht nur seinen flexiblen Einsatzmöglichkeiten, die die Form der Brezel repräsentiert, sondern auch seiner Herkunft: Entwickelt wurde es nämlich von Fabian Kainka, einem Autor des bayerischen Traditionsverlags.

#### Info und Bezug

Fachhandel  
Franzis Verlag GmbH  
Internet: [www.franzis.de](http://www.franzis.de)



### Technoseum

#### Rangieren und Restaurieren:

**TECHNOSEUM hat zwei Dampfloks generalüberholt.** Auf dem Museumsgleis des TECHNOSEUM in Mannheim steht die Badische Schnellzuglokomotive Nr. 18 316 vom Typ IVh gleich hinter einer Tenderlok Nr. 56, die einst die Ringverbindung der Oberrheinischen Eisenbahn-Gesellschaft (OEG) zwischen Mannheim, Heidelberg und Weinheim befuhr. Beide Fahrzeuge sind im Laufe der letzten Monate gründlich gereinigt und überholt worden; die 13,3 Tonnen schwere OEG-Lok wurde hierfür extra in die Montagehalle des Museums verfrachtet. Am 16. Dezember 2015 wurde die Tenderlok per Kran wieder auf das Gleis gehoben, um ihren angestammten Platz neben ihrer großen Schwester einzunehmen. Die umfangreichen Restaurierungsarbeiten an beiden Fahrzeugen sind damit abgeschlossen.

Die Badische IVh, eine über 23 Meter lange Schnellzuglok aus dem Jahr 1919, befindet sich seit 2007 auf dem Museumsgleis. Sie verfügte einst über eine Leistung von 1.950 PS und brachte bis zu 140 Stundenkilometer auf die Schiene. Im Herbst 2014 wurde sie mit Bretterwänden umhüllt, damit die frisch restaurierten Bereiche vor Wind und Wetter geschützt waren. „Unser Ziel war es, den Betriebszustand bei der Deutschen Bundesbahn im Jahr 1969 wiederherstellen, kurz bevor die Lok außer Dienst gestellt wurde“, erläutert Günther Theis, Sammlungsmitarbeiter im TECHNOSEUM. „Das umfasst sowohl den Einbau der originalen Armaturen und der induktiven Zugsicherung als auch die historisch korrekte Lackierung und Beschriftung.“ Darüber hinaus wurde die Lokomotive mit einem speziellen Trocken-eis-Strahlverfahren schonend gereinigt. Um an alle Fahrwerksteile zu gelangen,

musste man die Lok mehrmals verstellen. Zu diesem Zweck wurde der Badischen IVh extra eine Diesellangierlok an die Seite gestellt – und zwar genau dorthin, wo sonst die OEG-Lok steht. Bereits im Sommer vergangenen Jahres hatte man diese deshalb per Kran und Tieflader vom Gleis gehoben. In der Montagehalle des TECHNOSEUM wurde diese Dampfloks, die aus dem Jahr 1886 stammt und noch bis in die 1950er Jahre im Einsatz war, dann ebenfalls einer Reinigung unterzogen und anschließend angestrichen, gewachst und eingefettet. Mit im Einsatz waren dabei auch mehrere Ehrenamtliche, ohne die die Lokomotiven nicht so zügig überholt worden wären. Dabei griffen die Aufgaben an den beiden Loks drinnen und draußen ineinander: Bei gutem Wetter wurde an der Badischen IVh gearbeitet, bei allzu kalter Witterung wich man in die Montagehalle aus. „Auf diese Weise konnten die Arbeiten planmäßig fertiggestellt werden und ich freue mich, dass die Besucherinnen und Besucher nun wieder die Möglichkeit haben, diese beiden Fahrzeuge bei uns in ihrem historisch korrekten Erscheinungsbild zu bewundern“, so TECHNOSEUM-Direktor Prof. Dr. Hartwig Lüdtke.

#### Info

Technoseum  
Museumsstraße 1  
68165 Mannheim  
Internet: [www.technoseum.de](http://www.technoseum.de)



Datum	Veranstaltung	PLZ	Ort	Ansprechpartner	Kontakt	E-Mail	Homepage
25.02.	Hamburger Dampfstammtisch (ab 18.30 Uhr - open end)	22179	Hamburg, Ellernreihe 88	Hugo Goldau	040 7124 153	k.goldau@t-online.de	
03.03.	Stammtisch für techn. Funktionsmodellbau	53474	Bad Neuenahr-Ahrweiler	Wilhelm Scharrenbach	02641 28903	willi.scharrenbach@gmx.de	
05.-06.03.	Modellbauausstellung zum 40. Vereinsjubiläum	89129	Langenau, Stadthalle	Joachim Stahl	0172 767 5890	info@msv-langenau.de	www.msv-langenau.de
18.-20.03.	Faszination Modelltech – Neuheiten zum Saisonstart	74889	Sinsheim, Neulandstr. 27	Messe Sinsheim GmbH	07261-689-0	modelltech@ messe-sinsheim.de	www.faszination-modelltech.de
24.03.	Hamburger Dampfstammtisch (ab 18.30 Uhr - open end)	22179	Hamburg, Ellernreihe 88	Hugo Goldau	040 7124 153	k.goldau@t-online.de	
07.04.	Stammtisch für techn. Funktionsmodellbau	53474	Bad Neuenahr-Ahrweiler	Wilhelm Scharrenbach	02641 28903	willi.scharrenbach@gmx.de	
08.-10.04.	modellbau WELS Faszination Modellsport & Airshow	AT- 4600	Wels, Messe Wels, Messeplatz 1	Sabine Wasserbauer	0043 7242 9392-6635	s.wasserbauer@ messe-wels.at	www.messe-wels.at
09.04.	Modellbaubörse, alles rund um den Modellbau (10-16 Uhr)	97727	Fuchstadt, Am Kiegel 10	Mathias Nöth	0972 68374	info@msg-hammelburg.de	www.msg-hammelburg.de
09.-10.04.	Große Modellbauausstellung der Modellbaufreunde Volkach	97332	Volkach, Mainschleifenhal- le Obervolkacher Str. 11	Matthias Lochner	0173 3743 479	Matthias-Lochner@web.de	www.modellbaufreunde- volkach.de
16.04.	Ausstellung und Erfahrungsaustausch mit Vorführungen	65203	Wiesbaden, Albert-Schweitzer-Allee 44	Hartmut Berger	0611 65434	info@schiffsmodellbaclub- wiesbaden.de	www.schiffsmodellbaclub- wiesbaden.de
16.-17.04.	Modellbau-Ausstellung beim SMC Schramberg-Hornberg e.V.	78132	Hornberg, Stadthalle	Erich Voit	07833 253050	smc-schramberg@web.de	www.smc-schramberg. mein-verein.de
20.-24.04.	Intermodellbau Dortmund	44139	Dortmund, Westfalenhallen			intermodellbau@ westfalenhallen.de	www.intermodellbau.de
23.04.	9. Treffen von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb	74889	Sinsheim, Auto & Technik Museum Sinsheim	Simone Lingner	07261 9299- 73	lingner@ technik-museum.de	www.technik-museum.de
28.04.	Hamburger Dampfstammtisch (ab 18.30 Uhr - open end)	22179	Hamburg, Ellernreihe 88	Hugo Goldau	040 7124 153	k.goldau@t-online.de	
07.-08.05.	Technik Festival BRAZZELTAG im Technik MUSEUM SPEYER	67346	Speyer, im Technik Museum Speyer	Corinna Handrich	06232 6708- 68	handrich@ technik-museum.de	www.technik-museum.de
12.05.	Stammtisch für techn. Funktionsmodellbau	53474	Bad Neuenahr-Ahrweiler	Wilhelm Scharrenbach	02641 28903	willi.scharrenbach@gmx.de	
22.05.	Internationaler Museumstag	59889	Esohe, DampfLandLeute Museum, Homertstr. 27		02973 2455	info@museum-eslohe.de	www.museum-eslohe.de
26.05.	Hamburger Dampfstammtisch (ab 18.30 Uhr - open end)	22179	Hamburg, Ellernreihe 88	Hugo Goldau	040 7124 153	k.goldau@t-online.de	
28.-29.05.	Dampftage mit Aktionen im Rahmen von "Tatort Technik"	59889	Esohe, DampfLandLeute Museum, Homertstr. 27		02973 2455	info@museum-eslohe.de	www.museum-eslohe.de
02.06.	Stammtisch für techn. Funktionsmodellbau	53474	Bad Neuenahr-Ahrweiler	Wilhelm Scharrenbach	02641 28903	willi.scharrenbach@gmx.de	
03.-04.06.	"TAKE OFF" (Hausmesse) Modellbau Lindinger	AT- 4565	Inzersdorf/Kirchdorf, Industriestr. 10	Marion Lindinger	0043/7582 / 81313-0	info@lindinger.at	www.lindinger.at
11.-12.06.	3. RC Feldtage & Baustelle (Treffen für RC Traktoren- und Landmaschinen 1:16 - 1:8)	46397	Bocholt, Hochfeldstr. 56 A	Hans-Christoph Terodde			http://igfmbbocholt.de/index.html
23.06.	Hamburger Dampfstammtisch (ab 18.30 Uhr - open end)	22179	Hamburg, Ellernreihe 88	Hugo Goldau	040 7124 153	k.goldau@t-online.de	
07.07.	Stammtisch für techn. Funktionsmodellbau	53474	Bad Neuenahr-Ahrweiler	Wilhelm Scharrenbach	02641 28903	willi.scharrenbach@gmx.de	
28.07.	Hamburger Dampfstammtisch (ab 18.30 Uhr - open end)	22179	Hamburg, Ellernreihe 88	Hugo Goldau	040 7124 153	k.goldau@t-online.de	
04.08.	Stammtisch für techn. Funktionsmodellbau	53474	Bad Neuenahr-Ahrweiler	Wilhelm Scharrenbach	02641 28903	willi.scharrenbach@gmx.de	
25.08.	Hamburger Dampfstammtisch (ab 18.30 Uhr - open end)	22179	Hamburg, Ellernreihe 88	Hugo Goldau	040 7124 153	k.goldau@t-online.de	
01.09.	Stammtisch für techn. Funktionsmodellbau	53474	Bad Neuenahr-Ahrweiler	Wilhelm Scharrenbach	02641 28903	willi.scharrenbach@gmx.de	
11.09.	Dampftreffen beim SMC Trier e.V.	54290	Trier, Weiher an der Härenwies	Peter Dejon	0651 83032	vorstand@smc-trier.de	www.smc-trier.de
22.09.	Hamburger Dampfstammtisch (ab 18.30 Uhr - open end)	22179	Hamburg, Ellernreihe 88	Hugo Goldau	040 7124 153	k.goldau@t-online.de	
24.-25.09.	Dampftage mit Aktionen im Rahmen von "Tatort Technik"	59889	Esohe, DampfLandLeute Museum, Homertstr. 27		02973 2455	info@museum-eslohe.de	www.museum-eslohe.de
06.10.	Stammtisch für techn. Funktionsmodellbau	53474	Bad Neuenahr-Ahrweiler	Wilhelm Scharrenbach	02641 28903	willi.scharrenbach@gmx.de	
28.-30.10.	Faszination Modellbau	88046	Friedrichshafen		07261 689-0	info@messe-sinsheim.de	www.messe-sinsheim.de

Mehr Termine im Internet unter:

[www.vth.de/maschinen-im-modellbau](http://www.vth.de/maschinen-im-modellbau)

Meldeschluss für die Ausgabe 3/2016 ist der 21.03.15

Liebe Vereinsvorstände!

Sie können Termine für die Maschinen im Modellbau direkt im Internet eingeben. Ein vorgefertigtes Formular finden Sie in der Rubrik Termine der Maschinen im Modellbau unter [www.vth.de/termine/veranstaltungsformular](http://www.vth.de/termine/veranstaltungsformular). Vielen Dank für Ihre Mithilfe!





# LMS Turbomotive

## Echtdampf-Turbinen-Lokomotive für Spur 1

Werner Jeggli

Es war das Jahr 2002 als ich der etwas träumerischen Idee verfiel, den oszillierenden Dampfmotor meiner futuristischen „Lok 2001“ (MASCHINEN IM MODELLBAU 5/2005) durch eine Turbine zu ersetzen. Die vorherrschende Meinung der „live steamers“ zu jener Zeit war: Turbinenbetrieb in diesem Maßstab? Geht nicht! Nun, ich fing trotzdem an, diesen Antrieb systematisch zu entwickeln und diese Einstellung der Kollegen verstärkte nur meinen Willen, ihnen das Gegenteil zu beweisen.

### Viele Versuche

Mit der erforderlichen Sturheit und auf empirischer Basis baute ich Impuls-Rotoren mit verschiedenen Schaufelformen und -abmessungen, sogar eine Tesla-Turbine. Ich machte Versuche mit verschiedenen Düsendrößen und Anstellwinkel. All dies endete in der Erkenntnis, dass für Spur 1 Schnellzug-Lokomotiven die produzierte Wellenleistung an der unteren Grenze lag. Deren Eigenverluste mussten daher auf ein absolutes Minimum beschränkt werden. Dann war da noch das Problem des Fahrtrichtungs-Wechsels. Im Jahr 2006 hatte ich eine befriedigende Turbine mit einem Rotor, der mit zusätzlichen, rudimentären Rückwärtsfahrt-Schaukeln bestückt war (MASCHINEN IM MODELLBAU 2/2007).

Zur Messung der Turbinenleistung auf dem Prüfstand kam ein Faulhaber 3-Phasen-Servo-Motor als Generator zum Einsatz, ausgelegt für bis zu 60.000 U/min und mit Hall-Sensoren ausgerüstet, um die erreichten

Drehzahlen anzuzeigen. Diese Anordnung war sehr nützlich.

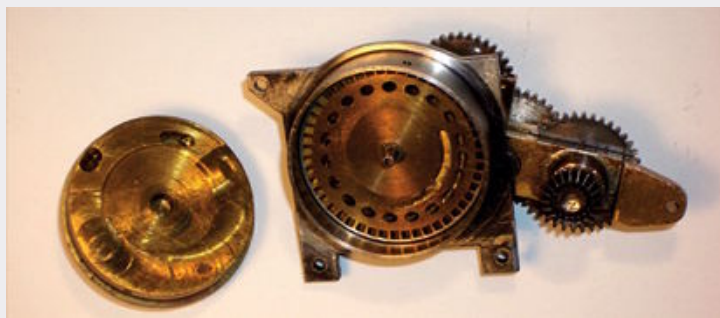
Als nächster Schritt drängte sich daher ein Umbau des „Mathematikers“ zum viel eleganteren turbo-elektrischem Betrieb förmlich auf (MASCHINEN IM MODELLBAU 6/2010). Anschließend folgten Entwurf und Bau des ebenso erfolgreichen turbo-elektrischen „Dampfsprinter“ (Ausgabe 4/2011).

### Vorbild gesucht

Im Jahr 2012 war ich auf der Suche nach einem neuen Modellbauprojekt. „Möglichst wenig Aufwand“ war die Devise (man wird auch nicht jünger). Ich erinnerte mich der ausgedienten reversierbaren Turbine des Mathematikers, die in einer Kartonschachtel in der unteren Schublade dahinvegetierte. Dazu hatte ich die Ohren voll der Kommentare meiner Modellbaukameraden, die sich des Langen und Breiten über die Vorzüge

maßstabgetreuer Nachbildung ehemaliger technischer Meisterwerke ausließen, hinab bis zum letzten Detail, bis zur letzten Niete. Nur so zum Spaß begann ich, mich im Internet umzusehen nach möglichen Vorbildern. Die Liste der Dampfturbinen-Lokomotiven, die weltweit gebaut worden sind, ist nicht sehr lang – und die der einigermaßen erfolgreichen, rein mechanisch angetriebenen sogar sehr kurz. Bald war klar: die LMS Lokomotive Nummer 6202, die einzige Maschine mit Turbinenantrieb aus einer Serie von Kolbenmaschinen der Princess Klasse, war das geeignete Vorbild. Die London, Midland and Scottish Railway (LMS) nahm sie 1936 in Service – genau in dem Jahr, in dem auch mein Erdenleben begann. Im Volksmund wurde sie die „Turbomotive“ genannt. Ihr Betrieb war eigentlich erfolgreich, doch die Prioritäten des 2. Weltkriegs, aufwendiger Unterhalt und das nahe Ende des Dampfzeitalters führten dazu, dass die LMS sie 1952 auf Kolbenantrieb umbaute. Noch im selben Jahr war sie in einen katastrophalen Eisenbahnunfall verwickelt und wurde so schwer beschädigt, dass sie anschließend verschrottet werden musste.

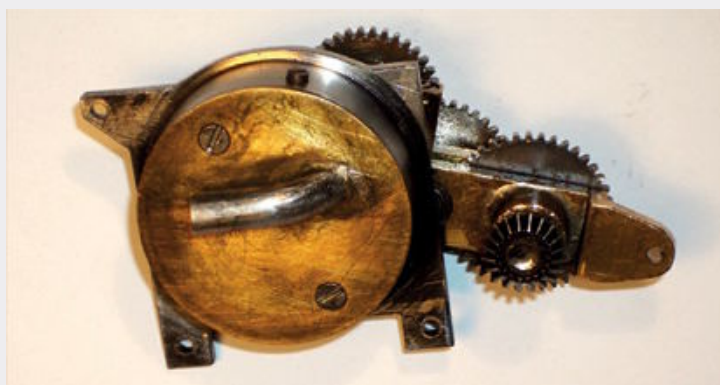
Um mir Zeit und Arbeit zu ersparen, versuchte ich zuerst, eine bereits bestehende Spur-1-Lokomotive der Princess Reihe zu finden und zu kaufen, in welche ich dann meine Turbine hätte einbauen können. Fündig wurde ich nicht. Widerstrebend entschloss ich mich zu einem kompletten Eigenbau. Mit tatkräftiger Hilfe von Mitgliedern der Gauge 1 Railway Association (G1MRA) kam ich zu den erforderlichen technischen Informationen über das Vorbild. Im National Railway Museum in York hatte ich sogar die Möglichkeit, Fotos ausgewählter Originalpläne zu machen. Konstruktion und Bau des Modells erwiesen sich als recht anspruchsvoll. Am Ende musste ich mir eingestehen, dass des limitierten Platzes



◀ Die Turbine mit herausgezogenem Abdampfdeckel (links)



◀ Das Abdampfdeckel-Zwischenstück zeigt die Vorwärts/rückwärts-Abdampfkanäle

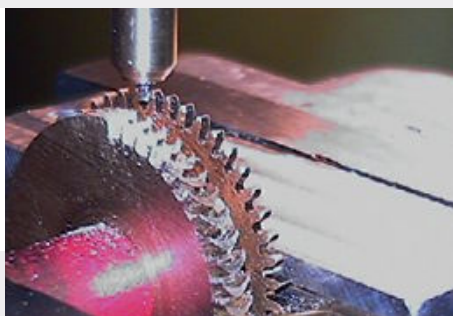


◀ Hier ist der Abdampfdeckel montiert



◀ Fräsen der äußeren Rotorschaukeln. Rotor und Maschinenschraubstock sind sorgfältig auf dem Kreuztisch positioniert

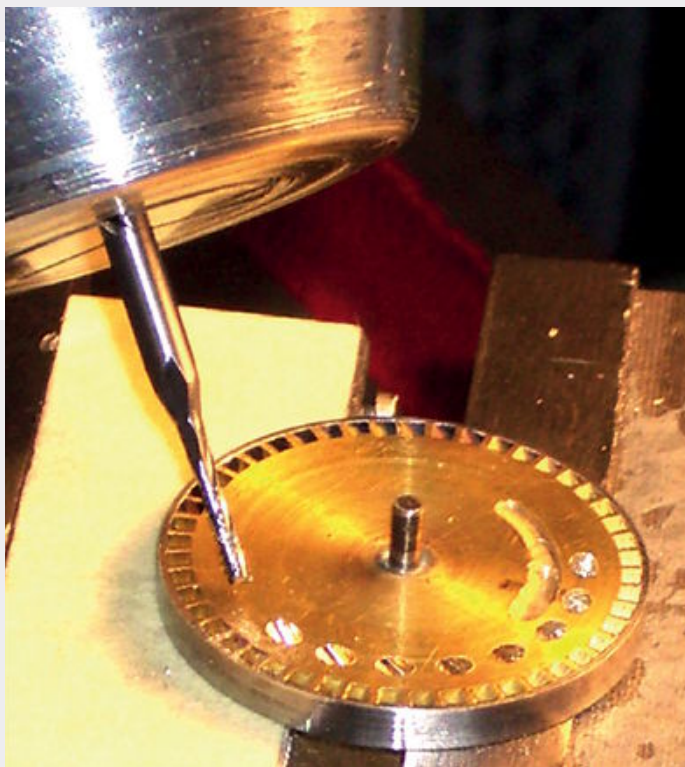
Teilungsindex durch ein Modul-0,5-Zahnrad, 48 Zähne, 1-mm-Fingerfräser, 1,5 mm tief, Rotorbreite 3 mm ▶



◀ Die rostfreie Stahl-Bandage vor dem Aufschrumpfen



Herausarbeiten der rudimentären inneren „Schaufeln“. 1,6-mm-Fingerfräser, 45° von beiden Seiten bis Mitte der Rotorbreite, je 19 Bohrungen ►



wegen der Umbau einer bestehenden Lokomotive keine so gute Idee gewesen wäre.

Um den Fortschritt des Projektes zu dokumentieren, wurden während der Bauperiode drei kurze Videos gedreht und ins Internet gesetzt. Sie können auf YouTube unter „Turbomotive, Jeggli“ aufgerufen werden.

## Lokomotive

Am Samstag, den 30. August 2014 nahm die LMS Turbinen-Lokomotive 6202 ihren ersten regulären Betrieb auf und dies auf der Spur-1-Anlage von Markus Neeser in Reiden/Schweiz. Zur allgemeinen Zufriedenheit und für eine halbe Stunde zog sie die sieben Schnellzugswagen im richtigen Tempo, Runde um Runde.

Zugegeben, die Wagen verfügten über verlustarme, mit Kugellagern ausgerüstete Drehgestelle. Dadurch war die aufzubringende Hakenleistung der Lokomotive entsprechend klein. Um dies zu überprüfen, installierten wir eine Federwaage zwischen Lok-Haken und erstem Wagen und stoppten die erforderliche Zeit, um eine Runde auf dem äußeren Gleis zu drehen (30,5 m). Das waren die Resultate:

- Zughaken Kraft: 1 Newton ( $\approx 100$  g)
- Zeit / Runde: 24 s  
resultierende Geschwindigkeit:  
 $30,5 \text{ m} / 24 \text{ s} = 1,27 \text{ m/s}$   
entsprechende Maßstabgeschwindigkeit 1:32: 145 km/h
- Zughaken Leistung:  
 $1 \text{ N} \times 1,27 \text{ m/s} = 1,27 \text{ W}$

Es ist also erstaunlich wenig Leistung erforderlich. Das würde sich jedoch schlagartig ändern, wenn Steigungen zu bewältigen wären. Dann käme die Turbomotive bald an ihre Grenzen.

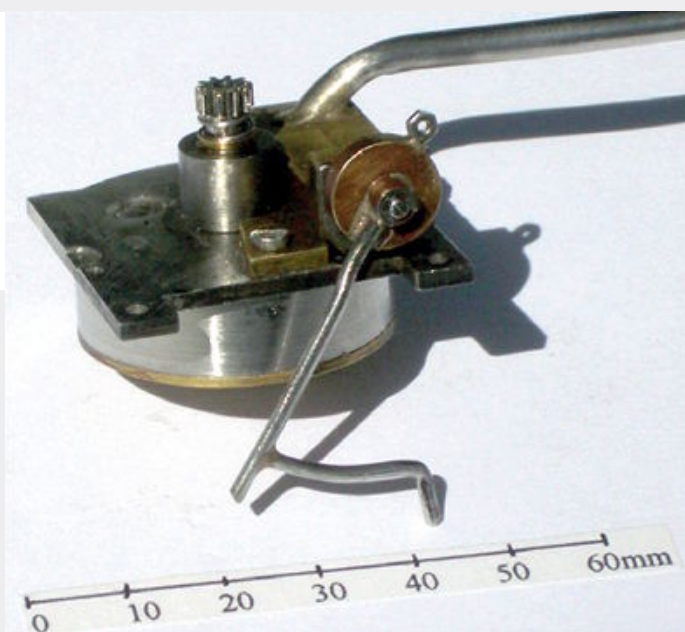
Die Lokomotive war auch im April 2015 im Einsatz beim Longjumeau/Frankreich Spur 1 Echtdampf-Treffen. Auch von diesem Anlass konnte ich ein kurzes Video auf YouTube laden. Zu finden mit demselben Vorgehen wie oben beschrieben.

Sehen wir uns nun die Hauptelemente der Lokomotive ein bisschen näher an.

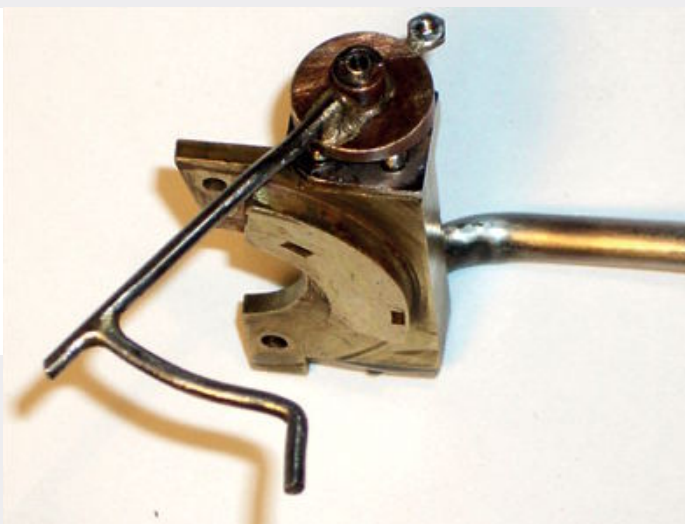
## Turbine

Die Turbine, das Herzstück der Lokomotive, hat einen Rotordurchmesser von 30,6 mm. Der äußere Schaufelring ist für Vorwärtslauf, der innere Ring mit rudimentären „Schaufeln“ für Rückwärtslauf. Auf den Fotos sind die Auswucht-Ausfräsungen sichtbar. Der

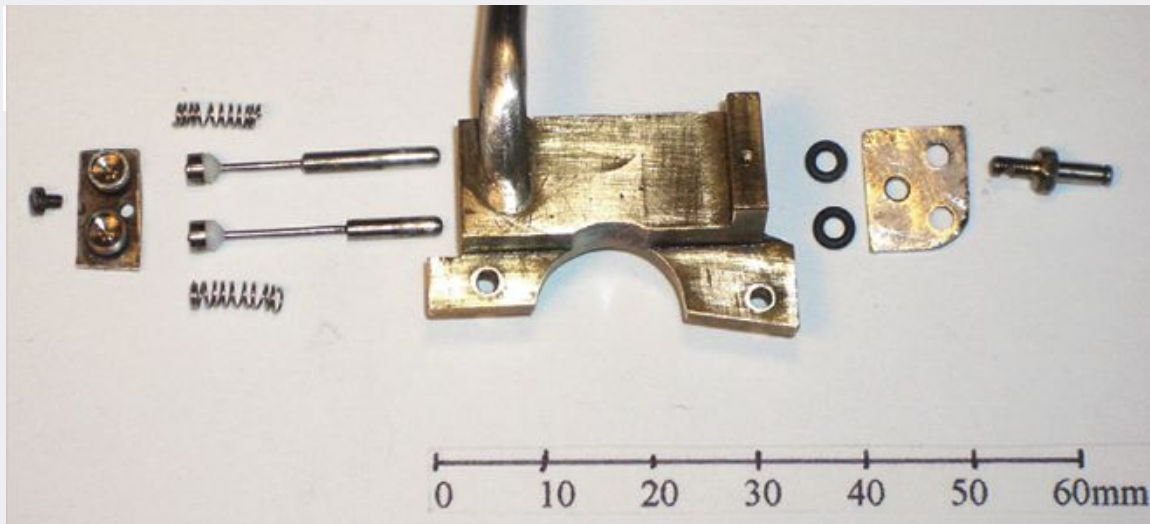
Ansicht der Turbine mit Lagerhalter für zwei 2x6x2,5-mm-Kugellager, 10-Zähne-Ritzel Modul 0,5 und Vorwärts/rückwärts-Düsenventil ►



Ventil mit Düsenöffnungen. Die Düsen haben an ihrer engsten Stelle das Äquivalent eines 0,8-mm-Durchmessers. Die Ventilstößel werden durch ein Kurvenprofil betätigt ►

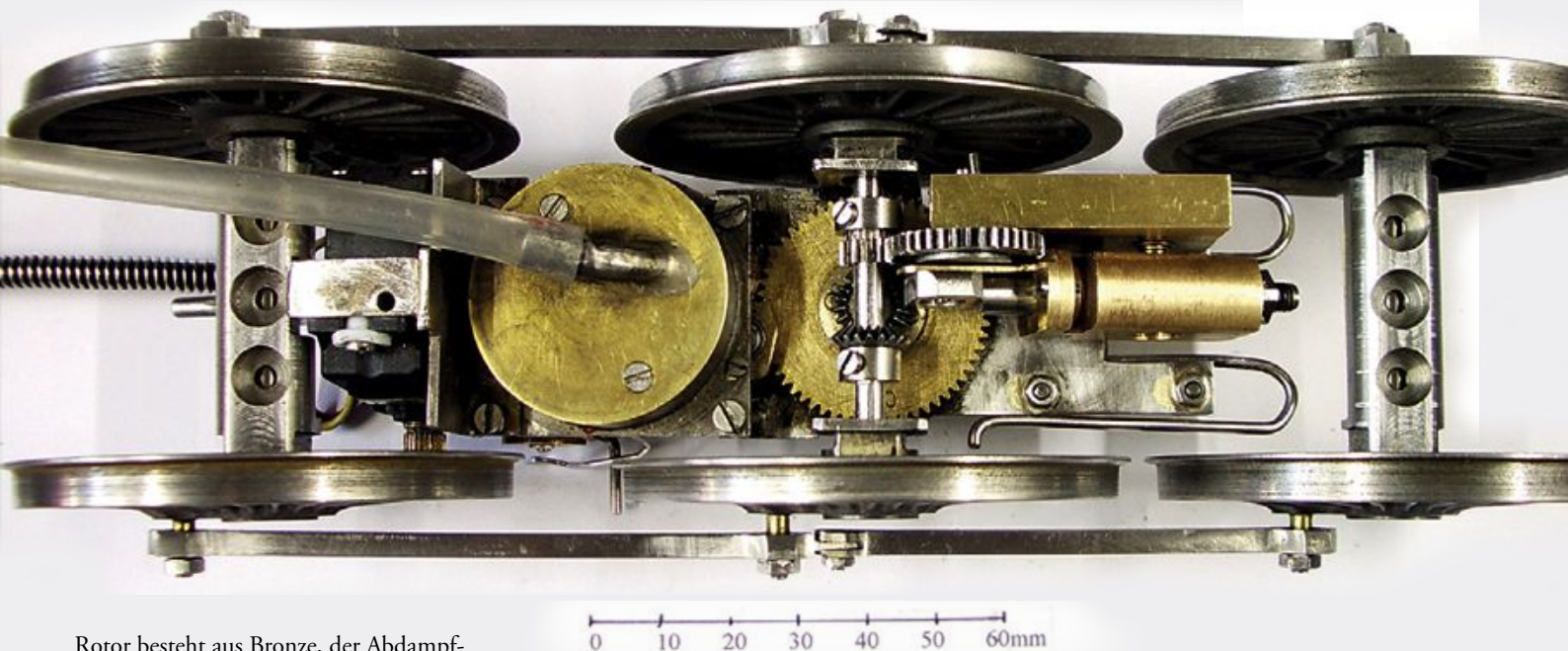






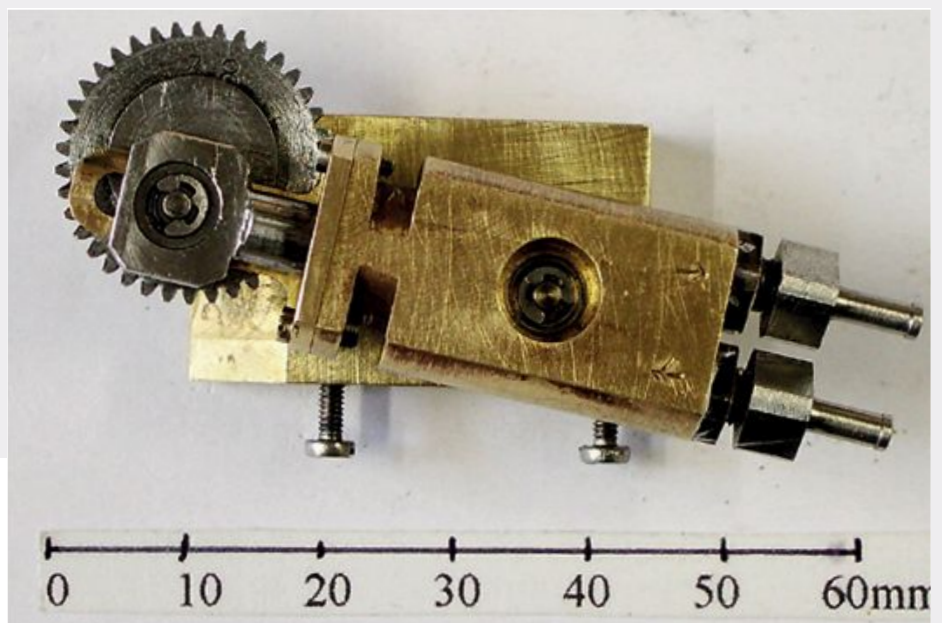
◀ Die Einzelteile des Ventils

Der Turbinenantrieb von unten gesehen.  
 Von links nach rechts:  
 Servo, Turbine,  
 Getriebe,  
 Speisepumpe,  
 Federstäbe ▼



Rotor besteht aus Bronze, der Abdampfdeckel aus Messing, das Gehäuse aus rostfreiem Stahl. Das Getriebe mit Modul 0,5 ist oberflächengehärtet und ausgerüstet mit 6x2x2,5-mm-Kugellagern. Die Untersetzung beträgt  $10/35 + 10/40 + 10/60$  (das Bild zeigt jedoch noch das früher verwendete, kleinere Zahnrad) +  $20/20 = \text{total } 1/84$ . Detailliertere Angaben zum Fertigungsprozess sind in der MASCHINEN IM MODELLBAU 2/2007 zu finden. In der Zwischenzeit hat die CNC-Bearbeitung in der Modellbauwelt Einzug gehalten. Mit entsprechenden Ressourcen könnte daher die Herstellung des Rotors eleganter gemacht werden.

Oszillierende Speisepumpe.  
 Untersetzung von der Radachse  
 $14/38 (1/2,7)$  ▶







#### ◀ Kesselbestandteile:

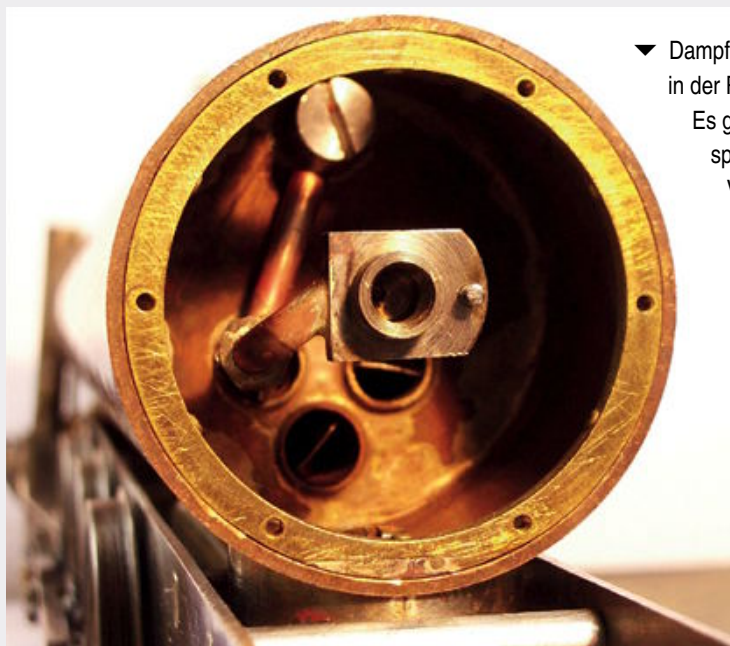
Gehäuse 54 mm Ø, Wanddicke 1,5 mm;  
Feuerkammer 29 mm Ø, Wanddicke 1,5 mm;  
Rauchgasrohre 10 mm Ø, Wanddicke 1 mm;  
Turbulator-Streifen 0,3 mm rostfreier Stahl

Kessel unmittelbar vor dem Silber-Hartlöten ▼

Das Dampf-Hauptventil wird später durch den Rauchkammertür-Verschlusshebel bedienbar sein ▼



▼ Dampfanschluss in der Rauchkammer. Es gibt keine speziellen Vorkehrungen, um den Dampf zu trocknen



## Führerstand

Na ja, ich gab mein Bestes. Der richtige Führerstand war natürlich noch viel komplizierter. Außerdem fehlen die Armaturen auf der Seite der Kabine. Die kann ich nicht machen, weil Lokführer und Heizer, bereits vor einem Jahr bestellt (und bezahlt), einfach nicht geliefert werden können.

## Flüssiggas-Tank

Auch Flüssiggas muss den Gesetzen der Natur folgen. Eingesperrt und unter normalen Umwelttemperaturen steht es unter Druck und bleibt daher flüssig. Öffnet man das Ventil, verdampft es und bezieht die dafür notwendige Energie aus der zurückbleibenden Flüssigkeit. Das heißt, sie kühlt ab und dadurch wird der Gasdruck immer niedriger, die Brennerflamme wird immer kleiner und die Lok verliert die Lust, Arbeit zu leisten.

Die Lösung ist ein Dreiweg-Gasventil,

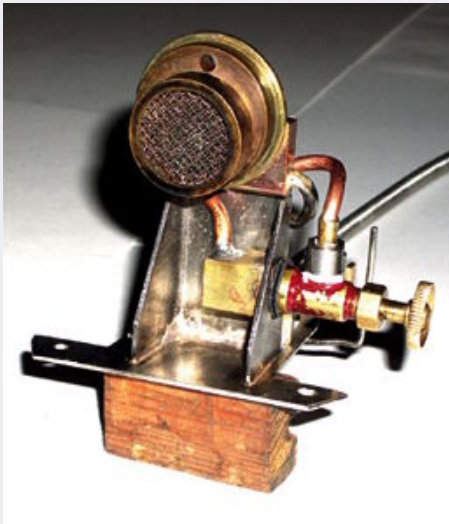
das für eine kurze Anheizzeit das Gas dem Tank von oben gasförmig entzieht, dann kann umgeschaltet werden auf Gasentnahme in flüssiger Form vom Boden des Tanks. Es verdampft später in der heißen Brennerhalterung und der Tank kühlt sich nicht weiter ab. Tankmaterial ist rostfreier Stahl, 0,5 mm, mit Silberlot hartgelötet. Der Prüfdruck lag bei 26 bar.

## Betrieb

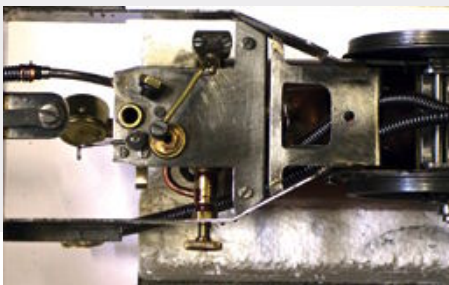
Eine nicht unwesentliche Bedingung des Pflichtenheftes für die Lok-Konstruktion war gute Bedienbarkeit während des Be-

triebes. Das bedeutet: einfache Ablesung des Dampfdruckes, einfache Ablesung des Kessel-Wasserstandes, einfacher Zugang zum Dampf-Hauptventil. Die Betätigung erfolgt durch den Verschlusshebel der Rauchkammertür. Daher gibt es keine Probleme für die vollständig maßstabsungeborenen Finger.

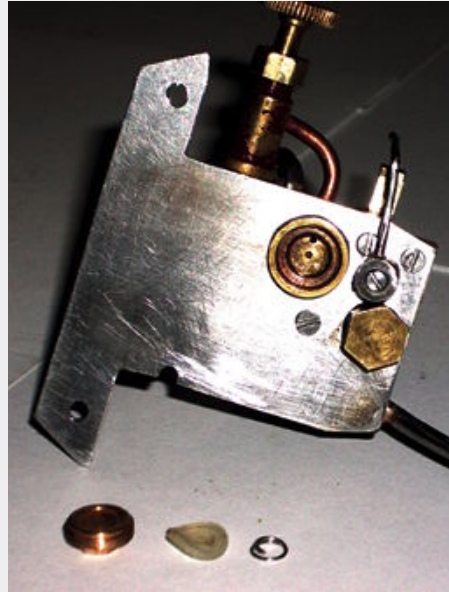
Das Brenner-Ventil sitzt linksseitig unter dem Führerstand, kombiniert mit einer Kessel-Übertemperatursicherung. Ein Bimetallstreifen in der Rauchkammer bewirkt über ein Gestänge das Schließen des mit einer Feder vorgespannten Gasventils. Die im Bild sichtbaren armierten Schläuche führen



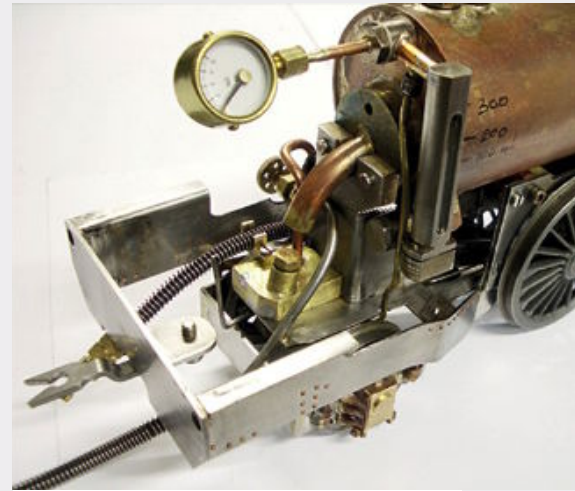
◀ Das Brennermodul. Durch den armierten, flexiblen Schlauch kommt das flüssige Gas in den heißen Brennerhalter, verdampft und geht durch das mit einer Feder vorgespannte Gasventil zur Brennerautomatik



▲ Brennermodul installiert, hinteres Drehgestell noch nicht montiert. Dampfdruckleitung zum Membranventil bereit zum Anschluss. Der Verschlussstutzen zum Reinigen der Ø 0,2-mm-Gasdüse (Mitte links) ist ebenfalls offen



▲ Brenneinheit von unten. Das Gas vom Brennerventil geht durch ein dampfdruckbetätigtes Membranventil (Einzelteile im Vordergrund). Mit einem Parallelventil (Hebel rechts davon) kann die Minimumflamme eingestellt werden



▲ Der installierte Brenner von oben

## Betriebsdaten

Damit ich die Leistungen meiner selbstgebauten Lokomotiven auf technischer Basis vergleichen konnte, baute ich mir um die Jahrhundertwende einen entsprechenden Prüfstand. Dies erlaubt mir, folgende Werte zu messen:

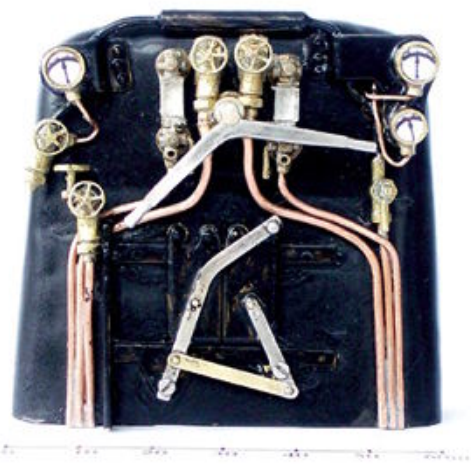
- Geschwindigkeit
- Last (Brems Scheibe mit einstellbarem Bremsmoment)
- Bremskraft, gemessen mit elektronischer Waage. Sie kann dann umgerechnet werden auf die zugehörige Hakenkraft der Lokomotive
- Zeit
- Dampfdruck
- Dampftemperaturen
- Dampfkondensat-Volumen
- Flüssiggasverbrauch

zum Ein- und Ausgang der oszillierenden Speisewasserpumpe.

Das Düsenventil ist ferngesteuert. Der Servo-Betätigungshebel ist sichtbar hinter den Speichen des linken Rades. Das Ventil kann auch von Hand gesetzt werden durch den kleinen Hebel zwischen den beiden Rädern. Nach links geschoben läuft die Lokomotive vorwärts, nach rechts rückwärts mit redu-

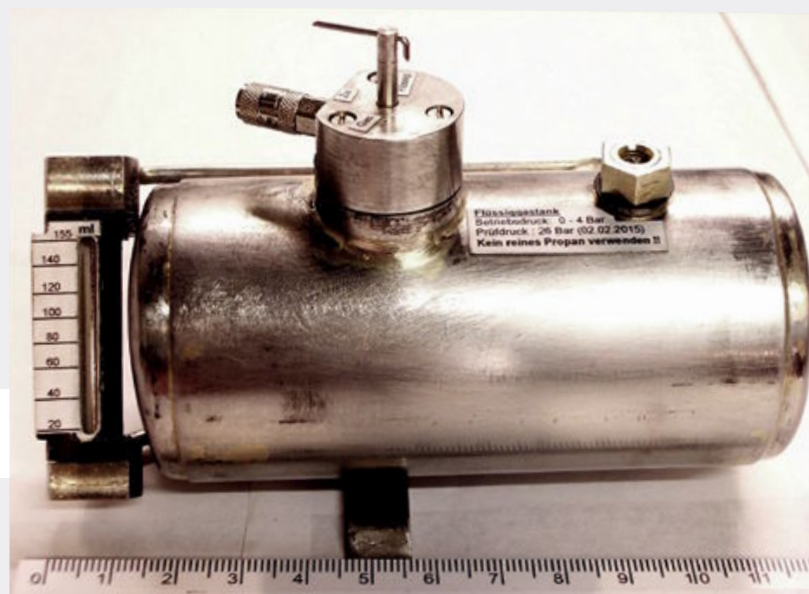
zierter Leistung (wie damals auch die richtige Turbomotive).

Der mechanische Tender-Wasserstandsanzeiger wird betätigt durch einen Schwimmer. Zudem werden zum Betrieb benötigt ein extrem kleiner Empfänger und der handliche 2,4-GHz-Sender, ideal bestückt für meine Einknopf-Geschwindigkeits- und Fahrtrichtungs-kontroll-Anwendung.



◀ Der (noch nicht ganz fertige) Führerstand

Flüssiggastank mit Dreiwegeventil ▶





Am 1. Juni 2013 wurde an der halbfertigen Turbomotive ein 5-Minuten-Lasttest durchgeführt, der folgende (Mittel) Werte ergab:

- Turbinen-Zudampf: 2,5 bar, 138° C
- Lok-Geschwindigkeit: 1,39 m/s (160 km/h Maßstab)
- Hakenkraft: 1,5 N (150 g)
- Abdampftemperatur: 99° C
- Abdampfkondensat: 66 ml
- Flüssiggasverbrauch: 14 ml

Das spezifische Gewicht des Flüssiggases ist 0,6 g/ml, sein unterer Heizwert 45,7 kW/g. Mit diesen Werten kann die Heizleistung des Brenners berechnet werden als 1.280 W (optimale Verbrennung vorausgesetzt) – etwa die Leistung eines Bügeleisens.

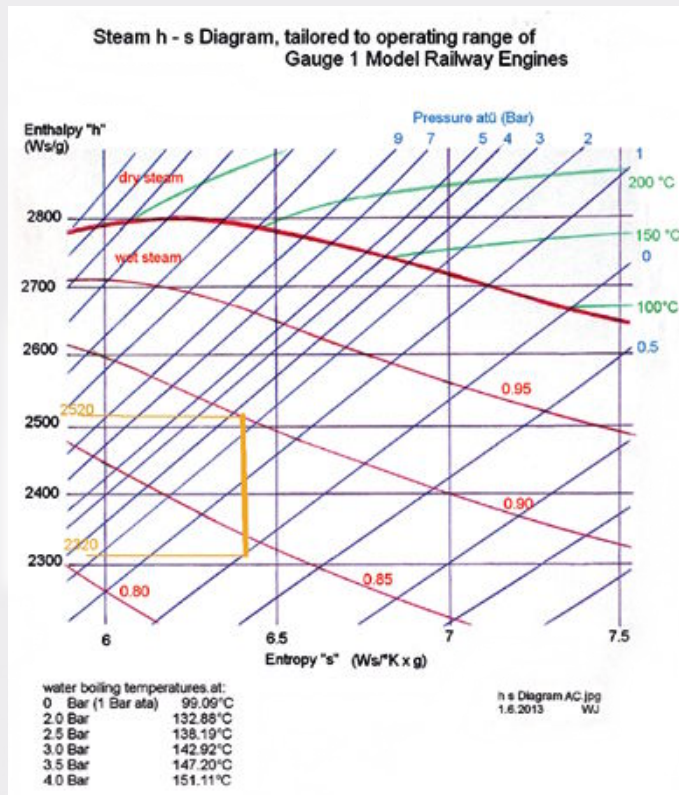
Die Zugleistung, die am Lokhaken zur Verfügung stand, berechnet sich zu  $1,39 \text{ m/s} \times 1,5 \text{ N} (\approx 150 \text{ g}) = 2,09 \text{ W}$ . Das reicht durchaus, um einen Zug auf ebener Strecke zu ziehen. Aber nun kommt das „Aber“.

Der Gesamtwirkungsgrad des Systems erweist sich als schlecht, sehr schlecht sogar. Die EU würde eine solche Anwendung verbieten. Darum: sagen Sie es bitte nicht weiter! Die Rechnung ergibt:  $2,09 \text{ W} \times 100 / 1.280 \text{ W} = 0,16\%$

Wie teilen sich diese Verluste auf zwischen dem Kessel (thermisch) und der Lokomotive (hauptsächlich mechanisch)? Das Werkzeug, um den Energieinhalt des Dampfes zu bestimmen, ist das **h-s Diagramm** (s. Abbildung).

Hier aber habe ich ein Problem: Mit 138 °C bei 2,5 bar ist mein Dampf nass! Er müsste etwa 140 °C heiß sein, um sicherzustellen, dass sich keine Wassertröpfchen mehr darin befinden. Ich habe versucht, dies mit einer Kupferrohrschleife in der Rauchkammer zu erreichen – ohne Erfolg. Der Energieinhalt von trockenem Dampf für ein gegebenes Temperatur/Druck-Verhältnis ist bekannt (grüne Linien). Für Nassdampf (rote Linien) ist dies sehr schwierig zu bestimmen. Von außen zugeführte Wärme wird zuerst für das Verdampfen auch des letzten verbleibenden Wassertröpfchens verwendet und die Dampftemperatur wird erst dann weiter steigen. Ich muss daher hier eine Annahme machen und einige mich auf den Faktor 0,9.

Der Energieinhalt (Enthalpy) meines Dampfes beim Eintritt in die Turbine mit 2,5 bar ist 2.520 Ws/g. Beim Austritt in die Atmosphäre (0 bar) enthält er immer noch

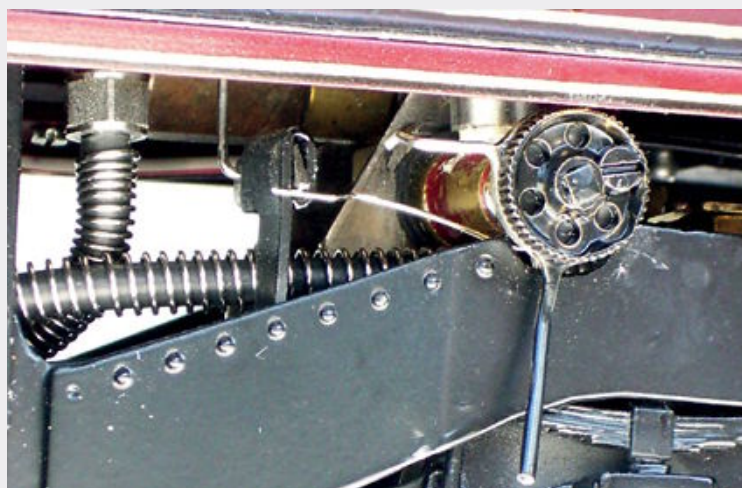


◀ Das h-s Diagramm zur Bestimmung des Energieinhalts des Dampfes

Einfache Ablesung des Dampfdruckes  
(Foto: Heiri Schartner)



◀ Einfacher Zugang zum Dampf-Hauptventil. Die Betätigung erfolgt mit dem Verschlusshebel der Rauchkammertür



◀ Brennerventil linksseitig unter dem Führerstand, kombiniert mit einer Kessel-übertemperatur-Sicherung



2.320 Ws/g (siehe Diagramm). Damit stehen 200 Ws/g zur Verfügung als Turbinen-Eingangsenegie. Dampfverbrauch ist 66 ml (entspricht 66 g) geteilt durch 300 Sekunden = 0,22 g/s.  $200 \text{ Ws/g} \times 0,22 \text{ g/s} = 44 \text{ W}$  maximale umsetzbare Leistung.  
Zughaken Leistung = 2,09 W; der Antriebswirkungsgrad ist daher  $2,09 \text{ W} \times 100 / 44 \text{ W} = 4,75\%$ .  
Der Dampferzeugungs-Wirkungsgrad ist  $44 \text{ W} \times 100 / 1.280 \text{ W} = 3,4\%$   
Gesamtwirkungsgrad-Kontrolle: Kessel  $3,4\% \times \text{Antrieb } 4,75\% = 0,16\%$ . Stimmt also überein mit dem vorherigen Wert.

## Zum Schluss

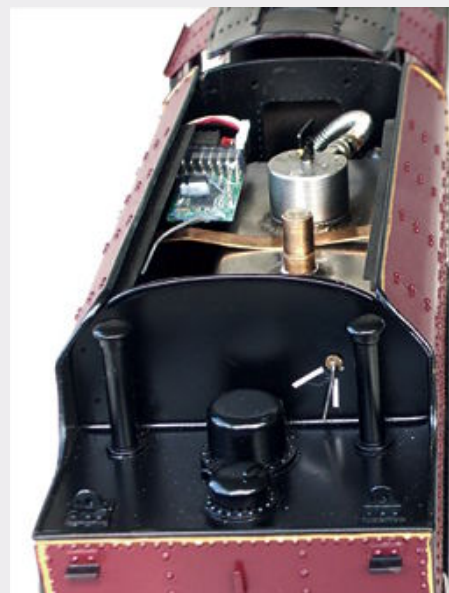
Im Jahre 2002 fing ich an, eigenentwickelte Dampfturbinen-Lokomotiven zu konstruieren. Ohne Rücksicht auf historische Vorbilder war es leichter, einen geeigneten Antrieb zu bauen. Die Erfahrungen, die ich dabei sammelte, waren überaus wertvoll und halfen sehr bei der Konstruktion der Turbomotive. Meines Wissens existiert zurzeit, und unabhängig von der Spurweite, kein anderes erfolgreiches, turbinengetriebenes Modell dieser Lokomotive auf der ganzen Welt. Dass ich stolz darauf bin – ich hoffe Sie werden das verstehen.

Natürlich kann mein Werk auch Gegenstand von Kritik durch ernsthafte Modellbauer sein. Es gibt Vereinfachungen, Weglassungen und Fehler in einzelnen Punkten. Ich überlasse es Ihnen, dies herauszufinden. Für mich sind Robustheit, Funktionalität und Bedienbarkeit wichtiger als historische Korrektheit. Trotz alldem sieht sich meine Lokomotive als würdige Nachfolgerin der One And Only Turbomotive.



▲ Der selbstgebaute Prüfstand zur Leistungsmessung

Mechanischer Tender-Wasserstandsanzeiger, betätigt durch einen Schwimmer. Zudem der sehr kleine Empfänger und der handliche 2,4-GHz-Sender ►





## Oliver Bothmann

Wenn man ein gutes Produkt auf den Markt gebracht hat, gibt es zwei Möglichkeiten weiterzumachen: Entweder ruht man sich auf seinen Lorbeeren aus und lässt dieses Produkt am Markt, bis es sich nicht mehr verkauft. Oder man entwickelt das Produkt weiter, lässt Wünsche und Anregungen der Kunden einfließen und macht es so noch besser. Im ersten Fall wird man schnell von Mitbewerbern (früher hießen die „Konkurrenz“) ein- und überholt. Im zweiten Fall hat man gute Chancen, immer einen Schritt voraus zu sein.

Die deutsche Firma Stepcraft Systems aus Iserlohn hat nach dem großen Erfolg der ersten präsentierten CNC-Systeme glücklicherweise den zweiten Weg eingeschlagen. Auch wenn es auf den ersten Blick gar nicht so aussieht, so hat das Unternehmen doch zahlreiche konstruktive Veränderungen am Aufbau der Maschinen durchgeführt. Dies wird vor allem deutlich, wenn man ein System der ersten Baureihe mit einem der zweiten vergleicht.

### Materialtuning

Bereits beim Auspacken der Bauteile für den Bausatz des Systems fallen zwei gravierende Unterschiede zu den Teilen der ersten Serie auf. Zum einen sind die Spindelmuttern für die Rundgewindespindeln der Achsansteuerung nicht mehr aus Kunststoff, wie bei der Stepcraft 1, sondern aus Messing. Zudem betragen die Abmessungen der Spindeln nun 10×3 mm gegenüber 8×2 mm bei den vorherigen Ausführungen. Allgemein wird bei vielen Teilen stärkeres Material verwendet, was der gesamten Stabilität der Maschine zugutekommt. Dies ist vor allem wohl den Wünschen von Kunden geschuldet, die mit ihrer Stepcraft-Fräse nicht nur Holz und Kunststoffe, sondern auch Metalle bearbeiten wollen.

## Serie 2 der CNC-Systeme von Stepcraft



# Echter Fo

Eine zweite Änderung mag auf den ersten Blick unspektakulär erscheinen, ist aber für die Genauigkeit, mit der die Maschine später arbeitet, ein echter Gewinn. Die Laufrollen sind nun einzeln jeweils mit zwei Kugellagern und einer Abstandshülse in Beuteln verpackt. Diese Beutel sollten erst unmittelbar vor der Montage geöffnet werden und auch immer nur die zusammenverpackten Teile montiert werden. Dies hat einen guten Grund: Stepcraft Systems stimmt diese Teile aufeinander

ab, sodass jeder Laufrollensatz eine spielfreie Laufrolle ergibt, die sich äußerst positiv auf die Genauigkeit der Maschine auswirken. Bei den Maschinen der ersten Baureihe wurden die Laufrollen jeweils vom Erbauer mit einer Abstandshülse und zwei Kugellagern versehen. Durch Fertigungstoleranzen bei allen Teilen konnten sich so Kombinationen ergeben, die zu viel Spiel aufwiesen und so die Genauigkeit der Maschine reduzierten. Solche – auf den ersten Blick kleine, für den Hersteller aber



Während bei der hier gezeigten Stepcraft 1 die Achsen mit drei Laufrollen geführt werden ...



Einzel verpackte und aufeinander abgestimmte Laufrollensätze sorgen für noch exakteren Lauf des CNC-Systems



... werden bei der neuen Stepcraft 2 die Achsen von vier Laufrollen noch genauer geführt

# rtschritt

aufwendige – Verbesserungen sind eine Produktpflege, die extrem wichtig ist.

Und auch bei kleinen Teilen, wie beispielsweise den Klemmen, die die Wellschläuche mit den darin befindlichen Kabeln auf den Aluminiumprofilen halten, wurde nachgebessert. Bestanden diese bei den ersten Maschinen aus gefrästen dünnen Kunststoffteilen, die zwar einfach einzusetzen waren, aber auch leicht brachen, bestehen diese nun aus dünnem Stahldraht, sind zwar schwerer einzusetzen,

aber dafür auch stabiler und halten die Wellschläuche bedeutend besser. Man sieht, es sind nicht immer nur große Veränderungen, die sich positiv auf solch eine Maschine auswirken.

Alle Teile sind extrem hochwertig, wie von diesem Hersteller nicht anders gewohnt.

## Konstruktionstuning

Doch neben reinen Veränderungen der Bauteile sind auch viele – und zum Teil gravie-

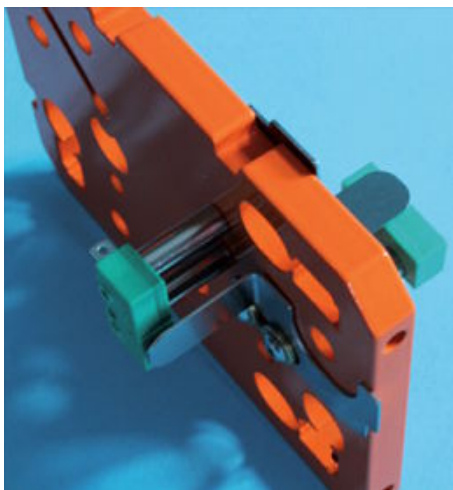
rende – Modifikationen konstruktiver Art in der zweiten Bauserie der Stepcraft-Maschinen zu finden.

Eine äußerst auffällige ist die deutliche Erhöhung der Anzahl der Laufrollen der einzelnen Achsen. Bei den Maschinen der ersten Generation waren alle Achsen mit drei Laufrollen versehen, von denen eine einstellbar war. Bei den neuen Maschinen sind dagegen für jede Achse vier Laufrollen eingebaut, von denen je zwei einstellbar sind. Hierdurch sind die Achsen noch besser einstellbar und deutlich stabiler.

Weitere kleinere konstruktive Veränderungen, die aber nichtsdestotrotz echte Fortschritte sind, scheinen auf den ersten Blick überwiegend optischer Natur zu sein, haben aber auch echte technische Vorteile.

Eine etwas unglückliche Konstruktion bei der Stepcraft 1 war die Einstellmöglichkeit





Spezielle Bleche sorgen für ein präzises Schalten der Endschalter der Z- und X-Achse



Die Spindelmuttern aus Messing sind deutlich stabiler als die vorher verwendeten Kunststoffteile



Den Stepcraft-Bausätzen liegt nun ein Spezialfett zum Schmieren der Lauflächen und Spindeln bei – so kann es nicht durch falsche Schmiermittel zu Schäden an der Maschine kommen



Auch die Seitenteile des Portals werden nun von vier Laufrollen geführt – gut zu sehen hier auch die Spindelmutter aus Messing

für die Spannung des Zahnriemens zur Ansteuerung der Y-Achse. Hier muss zwar nur selten nachgespannt werden, aber trotzdem war die Lösung mit einer Schraube, die mit einer herkömmlichen Sechskant-Mutter gekontert war, recht schwierig, da das Fixieren der Sechskant-Mutter mittels entsprechendem Schlüssel nur schwer möglich war. Bei den neuen Maschinen dient als Konterung nun eine spezielle M4-Vierkantmutter. Diese liegt so am Schrittmotor der Y-Achse an, dass sie sich automatisch festsetzt und so die Schraube nach dem Spannen des Zahnriemens einfach mit einer Hand festgezogen werden kann.

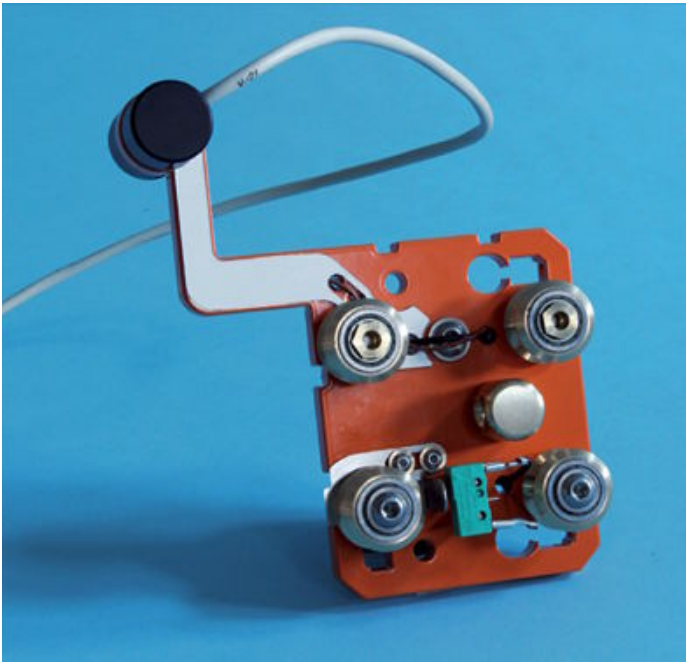
Sehr elegant gelöst ist bei den neueren Maschinen nun auch die Kabelführung zur Platine. Bei den ersten Maschinen wurden die Kabel von den Motoren der X- und Z-Achse sowie ihrer Endschalter in einem Wellenschlauch gesammelt und dann „frei schwebend“ nach hinten in die Steuerung geleitet. Der Wellenschlauch bewegte sich dadurch stets mit dem Portal mit und konnte sich in seltenen Fällen verhaken, insbesondere auch bei der Benutzung spezieller Einsatzwerkzeuge.

Bei den neuen Maschinen werden die Kabel nun gesammelt und in einem Kanal innerhalb der linken Portalseite nach unten geführt. Hier werden sie in einem Wellenschlauch gesammelt, der die Kabel unter der Arbeitsfläche zur Steuerung führt. So sind sie nicht im Wege und können sich auch nirgendwo

verhaken. Der Kabelkanal wird übrigens mit passgenauen selbstklebenden Kunststoffteilen abgedeckt. Diese Lösung ist sicherlich aufwendiger als die freie Verkabelung über der Arbeitsfläche, aber dafür auch deutlich sicherer und weniger störungsanfällig – und sie sieht auch noch besser aus ...

Bedingt durch die zusätzlichen Laufrollen musste die Schaltung der Endschalter der X- und Z-Achse modifiziert werden. Bislang schalteten diese, wenn die Schalteisen der Mikroschalter von den Chassisteilen eingedrückt wurden, gegen die sie in der Endposition führen. Nun übernehmen diese spezielle Bleche, die kurz vor dem Auflaufen der Teile aufeinander die Endschalter auslösen. Auch wenn diese neue Konstruktion wohl ursächlich mit einem Platzproblem zu tun hatte – die Endschalter können nun an anderer Stelle montiert werden, fast ohne auf ihre Schaltfunktion Rücksicht nehmen zu müssen – halte ich diese Konstruktion auch aus genereller Sicht für sinnvoll, fahren so die Schalteisen doch nicht mehr direkt auf die Chassisteile auf. Vielleicht könnte man eine ähnliche Lösung bei einer weiteren Überarbeitung auch für die Y-Achse umsetzen.

Eine ganz aktuelle Ergänzung der CNC-Systeme ist eine spezielle Erdung, da bei vielen Maschinen wohl durch statische Aufladungen Probleme in der Datenverbindung zum Steuerungscomputer auftraten. Dieses einfache Erdungskabel wird an den Maschi-

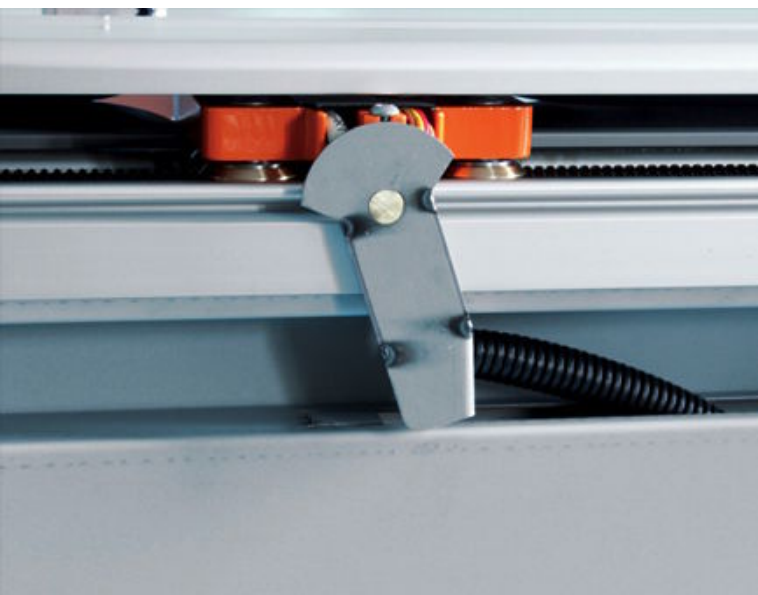


Der Aufbau der Achsführung hat sich zwar nur leicht verändert – aber diese Änderungen sind ein echter Gewinn

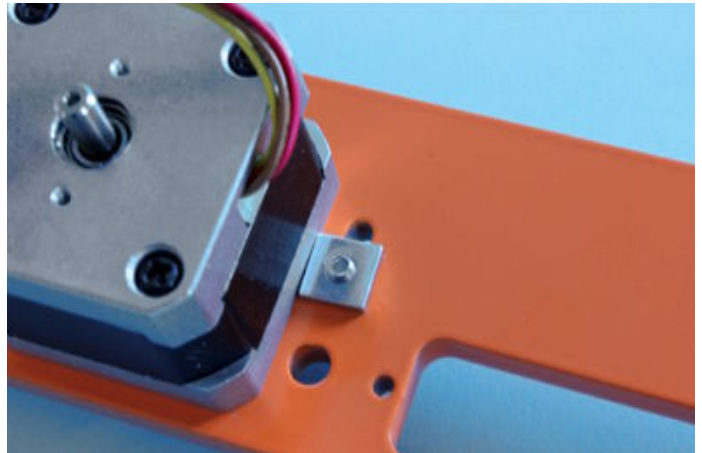
nenkörper angeschlossen und dann mit der Erdungsleitung des heimischen Stromnetzes verbunden, sodass störende statische Aufladungen eliminiert werden sollten.

Den Bausätzen liegt jetzt auch ein spezielles Fett bei, welches zur Schmierung der Laufflächen und der Spindel verwendet werden soll. Bei einigen vorherigen Maschinen wurden von den Nutzern offensichtlich ungeeignete Schmierstoffe verwendet, sodass es dadurch zu Schäden an den Maschinenteilen kam. Dieses Problem ist somit behoben.

Natürlich lassen sich alle Stepcraft-Einsatzwerkzeuge sowohl auf den Maschinen der ersten, wie auch der zweiten Baureihe einsetzen.



Unter der Maschine (Blick hier von unten auf die linke Seite der Maschine) werden die Kabel in einem Wellenschlauch gesammelt und zur Steuerung geführt

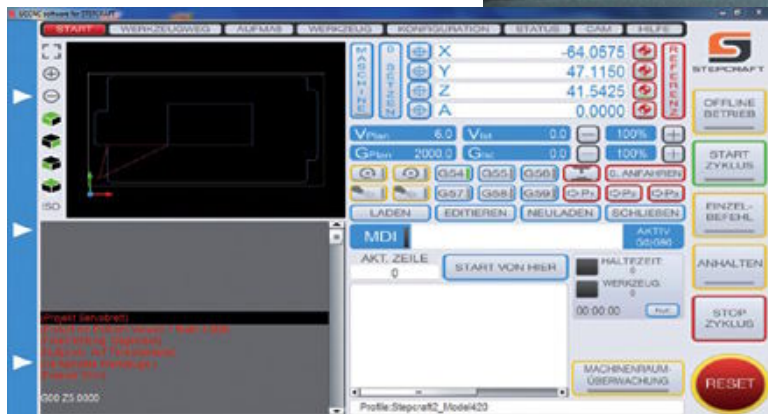


Die Konterung der Schraube der Spannrolle für den Zahnriemen der Y-Achse erfolgt nun mit einer speziellen Vierkanutmutter, die sich am Schrittmotor der Y-Achse verkantet – so ist das Spannen deutlich einfacher möglich



Die Kabelführung von der X- und Z-Achse zur Steuerung erfolgt nun in einem Kabelkanal im Seitenteil der Portals





Das Fräsen – hier mit der Stepcraft-HF-Spindel, die von UCCNC ebenfalls komplett gesteuert wird – funktioniert perfekt

Bislang wurden Stepcraft-CNC-Systeme von Haus aus mit der sehr guten Software WinPC-NC angesteuert. Als Alternative kann man nun aber auch die von Haus aus englischsprachige Software UCCNC nutzen. Eine deutsche Version dieses Programms ist derzeit in Vorbereitung. Fertig geliefert werden komplette Profile für die Steuerung der verschiedenen Stepcraft-Systeme, jeweils in zwei Versionen: einmal zur „normalen“ Nutzung (Fräsen, Schneiden etc.) und einmal in der 3D-Drucker-Version.

CNC-Maschinen zu laden, die in anderen Programmen erstellt wurden. Empfehlenswert ist hierbei beispielsweise das günstige und deutschsprachige EstlCAM oder auch das englischsprachige Vectric Cut. Bei beiden Programmen können sehr komfortabel die Frässtrategien festgelegt werden.

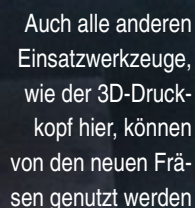
Die Benutzeroberfläche (gerne im Fachchinesisch als GUI oder Graphic User Interface bezeichnet) ist bei UCCNC – wie bei vielen CAM-Programmen – zwar auf den ersten Blick ein wenig verwirrend, aber nach einer gewissen Einarbeitung gut zu durchschauen. Sehr hilfreich ist bei diesem Programm unter anderem auch die Möglichkeit, den Fräsvorgang zu simulieren und dabei aus verschiedenen Perspektiven beobachten zu können. So können beispielsweise Fehler in

der Frässtrategie sehr schön festgestellt und behoben werden, bevor Material vergeudet wurde – oder gar das Werkzeug oder die Fräse beschädigt wurden. Auch der Fräsvorgang selbst kann während der Arbeit virtuell auf dem Bildschirm betrachtet werden.

UCCNC bietet – insbesondere im Zusammenhang mit einem guten CAM-Programm, wie EstlCAM – eine hervorragende Grundlage für eine wirklich professionelle Nutzung eines Stepcraft-Systems, mit allen Vorteilen, die ein solches CNC-System hat. So lässt sich beispielsweise problemlos eine Fräseradiuskorrektur ausführen, tiefe Fräsungen werden in mehreren Durchgängen erledigt oder auch Taschen oder Ähnliches aus dem Material ausgearbeitet.

Interessant ist auch, dass durch die speziellen Profile für die Nutzung als 3D-Drucker UCCNC sehr gut für die Steuerung von 3D-Drucken mittels Stepcraft-System geeignet ist. Hier werden die dazu benötigten Dateien einfach mittels (kostenlosem) Repetier-Host in Stepcraft-Ausführung angefertigt und dann entsprechend geladen.

Es gelingt nicht immer, mit einer überarbeiteten Version das ursprüngliche Gerät wirklich grundlegend besser zu machen – aber hier ist es auf jeden Fall gelungen. Die Maschinen der zweiten Stepcraft-Baureihe haben nicht nur einfach ein Facelift erhalten, hier sind echte konstruktive und bauteilmäßige Verbesserungen eingearbeitet worden, die ein hervorragendes System noch besser machen.



# Ein heißes Thema

## WIDERSTANDSLÖTEN



**Peter Kätsch**

Weich- und Hartlöten, LötKolben und Lötbrenner sind jedem Modell-Metaller vertraute Begriffe. Das Widerstandslöten ist hingegen in der Hobbywelt weniger verbreitet und verführt eher zu dem Missverständnis, es handele sich um das Einlöten von Widerständen – weit gefehlt. Vorweg nur dieses: Jede Methode hat ihre Stärken – sonst gäbe es sie nicht – und ihre Schwächen – sonst gäbe es nicht die anderen.

Nach diesem altklugen Spruch möchte ich versuchen, das Prinzip des Widerstandslötens und meine damit bisher gesammelten Erfahrungen beim Bau und Betrieb von drei unterschiedlichen Widerstandslötgeräten (ich nenne sie im Folgenden Version 1, 2, 3) in angemessener Kürze zu beschreiben.

### Zuvor ein wichtiger Hinweis

Auch wenn der Verlag die Möglichkeit anbietet, per Download auf die von mir beim Bau der Lötgeräte verwendeten Schaltungen und Platinenlayouts zugreifen zu können, soll dieser Artikel keine Bauanleitung sein. Der Aufbau netzbetriebener Geräte, das Hantieren mit elektrischen Strömen von mehreren hundert Ampere, der Umgang

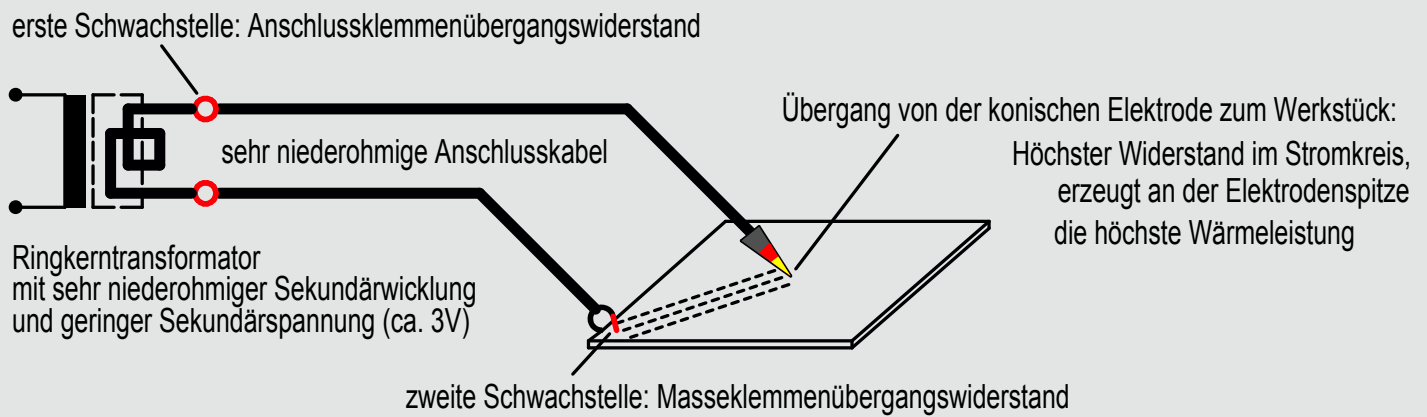
mit ätzenden und möglicherweise in Augennähe herumspritzenden Lötpasten setzen einige Fachkenntnisse, Umsicht und ein Mindestmaß an Erfahrungen voraus, was ein Bericht wie dieser naturgemäß nicht liefern kann.

Wer meint, für die Widerstandslötmethode eine sinnvolle Verwendung zu haben, ohne eventuellen Frust beim Selbstbau riskieren zu wollen, sei auf professionelle Anbieter in USA hingewiesen, die unter dem Stichwort „Resistance Soldering“ mit jeder Internet-suchmaschine schnell zu finden sind. Ebenso die Preise, die für Hobbygeräte verlangt werden... Potentielle Selberbauer finden über Youtube reichlich Anschauungsmaterial über die Vielfalt privater Fertigungstechniken und Sorgfaltsvorstellungen.

### Das Prinzip

Wer einen 2.000-W-Staubsauger für eine längere Zeit betreibt, wird eventuell bemerken, dass das Zuleitungskabel dabei spürbar warm wird; der Netzstecker kann sogar heiß werden, wenn die Kontakte nicht mehr ganz frisch sind, d.h. verschmutzt, oxidiert, verbrannt, zu wenig Federkraft der Steckdosenbuchsen. Die lange und dünne Zuleitung – 5 m sollen schließlich auf kleinstem Raum aufgespult werden können – und mehr noch die Gammelkontakte bremsen durch ihren elektrischen Widerstand den fließenden Strom und wandeln einen Teil von dessen Energie in Reibungswärme um. Dieser Effekt ist beim Staubsauger höchst unerwünscht, nicht so beim Widerstandslöten.





Der niedrige Gesamt Widerstand im Stromkreis lässt trotz der geringen Sekundärspannung einen starken Strom fließen. Überall dort, wo dieser Strom gebremst wird, entsteht Reibungswärme.

**Grafik 1**

Grafik 1 zeigt mit schlichten Strichen, worum es geht. Eine kräftige Stromquelle, das kann ein Autoakku oder ein Hochstromtransformator sein, liefert im Kurzschlussbetrieb (!) 1.000 A und mehr, was im Falle des Autoakkus höchst gefährlich ist und ihn daher schon jetzt disqualifiziert. Der Hochstromtrafo kann also sehr viel Strom liefern, wenn die äußere Beschaltung – das ist das, was an Kabeln, Elektroden und Werkstücken seine beiden Sekundärklemmen verbindet – einen Quasi-Kurzschluss erzeugt. Sinnvoll wird dieser Kurzschluss dann, wenn in diesem niederohmigen Stromkreis möglichst nur eine Stelle mit erhöhtem Widerstand vorkommt. Das kann ein Stück Graphit sein, dessen Spitze zudem konisch ausgeformt ist. Kohle ist im Vergleich zum Kupfer, aus dem die Sekundärwicklung und die dicken Zuleitungen bestehen, ein eher schlechter elektrischer Leiter. Je kleiner der Kohlequerschnitt zudem zur Spitze hin wird, umso größer wird der Teilwiderstand – umso mehr Reibungswärme wird daher an dieser Stelle erzeugt. Die Summe der unvermeidlichen inneren, äußeren und an der Elektrodenspitze provozierten Widerstände bremst den Sekundärstrom auf Werte zwischen 90 A (Version 1), über 250 A (Version 2) und 700 A (Version 3) herunter, daher die Wortwahl „Quasi-Kurzschluss“.

Der LötKolben selbst ist nichts anderes als ein Handgriff, an dessen Ende ein Graphitkegel oder, wenn eine höhere Stromstärke gewünscht wird, eine konische Stahlspitze angebracht wird. Alle anderen Bestandteile des Sekundärstromkreises müssen möglichst niederohmig ausgeführt werden:

dicke und kurze Kupferkabel (auch als Sekundärspule im Trafo), kräftige Anschlussklemmen (keine Bananenstecker und -buchsen), solide Elektrodenhalter (vorzugsweise Messingspannzangen). Der Rest ist so einfach wie das Prinzip: Das zu verlötende Werkstück wird gut leitend (Krokodilklemme ist nicht geeignet) mit einem Pol des Hochstromanschlusses verbunden, wobei egal ist mit welchem, da der Transformator Wechselstrom liefert. (Die auf einigen Abbildungen sichtbaren unterschiedlich gefärbten Polklemmen haben daher nichts mit Plus und Minus zu tun.)

Der andere Pol wird ebenfalls niederohmig mit der handgeführten Elektrode verbunden. Was noch fehlt, ist eine geeignete Methode, den Strom fließen zu lassen und ihn gezielt zu beenden. Die schlechteste Methode wäre, den Stromkreis dadurch zu schließen, dass die Elektrode das Werkstück berührt, und zu öffnen, indem die Elektrode vom Werkstück entfernt wird. Eine solche Vorgehensweise erzeugt heftige Funken, kleine Lichtbögen und erschreckende Geräusche. Ebenfalls untauglich ist das Einschleifen eines Schalters in den Sekundärkreis des Trafos mangels Verfügbarkeit eines passenden Produktes, das mit dem Zeigefinger betätigt 250 A klaglos schalten kann. Bleibt der Primärstromkreis.

Bevor ich die von mir eingesetzten Schaltungsvarianten vorstelle, kurz etwas vereinfachte Theorie (Experten bitte ich um Nachsicht). Ein Transformator ist ein Energiewandler, der aus einem primären Wechselstrom ein in Stärke und Richtung

wechselndes Magnetfeld erzeugt, das durch einen Eisenkern geleitet eine Sekundärspule durchquert und in ihren Windungen eine Wechselspannung induziert. Werden die Enden dieser Spule durch einen elektrischen Leiter miteinander verbunden, fließt ein sekundärer Wechselstrom. Der primäre Wechselstrom wird angetrieben durch die primäre Wechselspannung, die in unserem Fall in der Netzsteckdose vorliegt und etwa 230 V beträgt. Wie viel Strom diese Spannung nun durch die Primärspule treiben kann, hängt von mehreren Umständen ab: Material, Länge und Querschnitt des Drahtes, aus dem die Primärspule gewickelt ist, bestimmen ihren ohmschen Widerstand. Hinzu kommt der nicht unbeträchtliche induktive Widerstand, der durch Selbstinduktion und Ummagnetisierung des Eisenkerns hervorgerufen wird. Damit nicht genug: Wenn eine Sekundärspule vorhanden ist, was beim Trafo der Fall ist – sonst wäre es eine Drossel –, so bewirkt der im Sekundärstromkreis fließende Strom, den wir zum Löt einsetzen, in der Primärspule eine Verminderung des induktiven Widerstandes – vereinfacht ausgedrückt. Die Primärseite „merkt“ also, ob und wie viel Sekundärstrom fließt. Im Leerlauf ist der Primärstrom niedrig, je mehr Sekundärstrom fließt, umso mehr Strom fließt auch durch die Primärspule. Im Kurzschlussfall der Sekundärseite brennt bei zu schwach dimensioniertem Drahtquerschnitt die Primärspule durch. Ein Transformator kann die auf der Primärseite aufgewendete elektrische Leistung (Primärspannung  $\times$  Primärstromstärke) wegen unvermeidlicher Verluste bei der

Magnetisierung, der Erwärmung, der Geräuscherzeugung, nur zum Teil auf die Sekundärseite übertragen. Ohne diese Verluste wäre die Bilanz als unerreichbarer Idealfall einfach zu beschreiben:

Primärspannung  $\times$  Primärstromstärke =  
Sekundärspannung  $\times$  Sekundärstromstärke  
oder

Primärleistung (Aufnahmeleistung) =  
Sekundärleistung (Abgabeleistung)

Eine gewünschte sehr hohe Sekundärstromstärke, gepaart mit einer sehr niedrigen Sekundärspannung, ergibt also eine moderate Sekundärleistung (und eine etwas höhere Primärleistung – wegen der Verluste).

Eine Betrachtung des Windungsverhältnisses ist hier nicht hilfreich, da sich die Anzahl der Trafo-Primärwindungen nicht zerstörungsfrei ermitteln lässt.

Am Beispiel von Version 2 sieht es folglich so aus: Ein 230-V-Ringkerntrafo liefert sekundärseitig 30 V, gebraucht werden 3 V. Je mehr Windungen eine Sekundärspule hat, umso mehr Induktion findet statt; jede Windung liefert einen Anteil an der Sekundärspannung. Statt jetzt einen Teil der ohnehin zu dünnen Sekundärspule abzuwickeln, bietet sich an, eine zusätzliche Sekundärspule mit wenigen Windungen draufzuwickeln, und zwar aus möglichst dickem Kupferdraht. Bei Version 2 sind es acht Windungen ( $q = 16 \text{ mm}^2$ ), die im Leerlauf die angestrebten 3 V liefern. Im Betriebsfall (beim Löten) bricht diese Spannung auf 2,4 V ein. Es fließen dann 250 A im Sekundärkreis und etwa 3 A primär, was einer Abgabeleistung von 600 VA entspricht. Die Aufnahmeleistung der Primärseite liegt dann in der Größenordnung von knapp 700 VA.

**Die vereinfachte Bilanz vor dem Umwickeln laut Herstellerangabe:**

$$230 \text{ V} \times 1,3 \text{ A} = 30 \text{ V} \times 10 \text{ A}$$

(Idealfall bei Volllast, nicht Kurzschluss!)

**Nach dem Umwickeln:**

$$230 \text{ V} \times 3 \text{ A} = 2,4 \text{ V} \times \text{ca. } 290 \text{ A}$$

(im Idealfall bei Quasi-Kurzschluss)

$$230 \text{ V} \times 3 \text{ A} > 2,4 \text{ V} \times 250 \text{ A}$$

(im Realfall bei Quasi-Kurzschluss)

Der Trafo wird also deutlich gequält. Im Dauerbetrieb würde er sich bis zur Selbstzerstörung erhitzen. Das Löten dauert aber nur wenige Sekunden.

## Version 2

Sie macht den Anfang, weil damit die besten Ergebnisse erzielt wurden. Ein recyceltes Stahlblechgehäuse beherbergt den schon beschriebenen Ringkerntrafo. Die zusätzliche Hochstromwicklung besteht aus 4,5 mm dickem Kupfer-Volldraht, der über seine gestreckte Länge von mehr als 2 m mit zwei Lagen Schrumpfschlauch überzogen wurde, was nur mit Hilfe von Druckluft ge-

lang. Die Wicklungsenden sind mit soliden Verschraubungen so an den Polklemmen befestigt, dass eine Montage im Gehäuse trotz des steifen Drahtes noch möglich war (s. Bild 3).

Der parallel zum Ausgang angebrachte 10- $\Omega$ -Widerstand sorgt im Leerlauf für eine Grundlast. Die ursprüngliche 30-V-Wicklung habe ich gut isoliert in dem weißen PVC-Schlauch (Bild 2) belassen. Über dem Trafo befindet sich der Primärschalter, der gleichzeitig die Funktion eines Leistungsstellers hat. Dabei handelt es sich um eine Phasenanschnittsteuerung für induktive Lasten – normale Dimmer sind nicht geeignet.

Lebenswichtig ist die galvanische Trennung dieses mit 230 V konfrontierten Schaltungsteils von dem Schalter, der per Hand oder Fuß den Lötvorgang durch einen ungefährlichen Steuerstrom auslöst. Diese Trennungsaufgabe übernimmt ein Optokoppler, der ein eigenes kleines Netzteil benötigt. Die Leistungseinstellung erfolgt stufenlos über ein voll isoliertes Potentiometer (Bild 1 und 2).

Aus Furcht vor möglicher Überhitzung des Ringkerntrafos spendierte ich dem Gehäuse einen großen Lüfter, der mit gedrosselter Drehzahl für eine stetige Querbelüftung des Innenraums sorgt und einen Temperaturwächter, dessen NTC-Sensor mit Kabelbindern an einer Sekundärwindung befestigt ist (Bild 2). Die Leitertemperatur wird in sechs Schritten von grün über orange nach rot durch eine Leuchtdiodenzeile an der Gehäusevorderseite angezeigt. Zusammen mit der Warnstufe „Rot“ ertönt ein Piezosummer. Dieser Fall ist auch nach längeren Lötversuchen bisher nicht aufgetreten. Auch Temperaturwächter und Lüfter haben ein eigenes Netzteil erhalten, dessen Printtrafo auf Bild 2 durch seinen Aufdruck „220 V“ nebenbei verrät, dass er aus der Restekiste stammt, was auch für alle anderen Teile des Widerstandslötprojektes gilt (einzige Ausnahme ist der Ringkerntrafo).

Grafik 2 zeigt die Funktionsblöcke der Version 2. Die ausführlichen Schaltbilder dazu sind im PDF-Format verfügbar (s. Anhang).

Anzeige



FÜR DEN FEINEN JOB  
GIBT ES  
DIE RICHTIGEN GERÄTE

**Spezialisten für feine Bohr-,  
Trenn-, Schleif-, Polier- und  
Reinigungsarbeiten.**

Eckenschleifer OZI/E

500 g leichte Elektrofeinwerkzeuge für  
220-240 V-Netzanschluss. Getriebekopf  
aus Alu-/Zink-Druckguss. Balancierter  
DC-Spezialmotor - durchzugskräftig,  
extrem laufruhig und langlebig.

Von PROXXON gibt es noch  
50 weitere Geräte und eine große  
Auswahl passender Einsatzwerkzeuge  
für die unterschiedlichsten  
Anwendungsbereiche.

Industrie-  
Bohrschleifer  
IBS/E

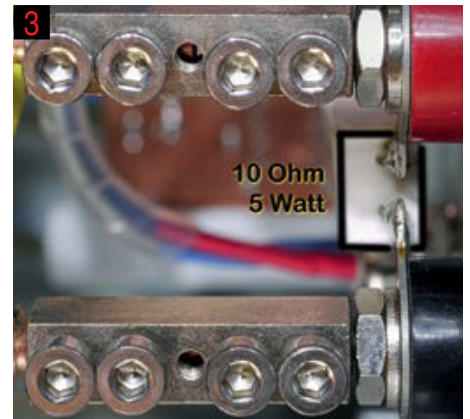
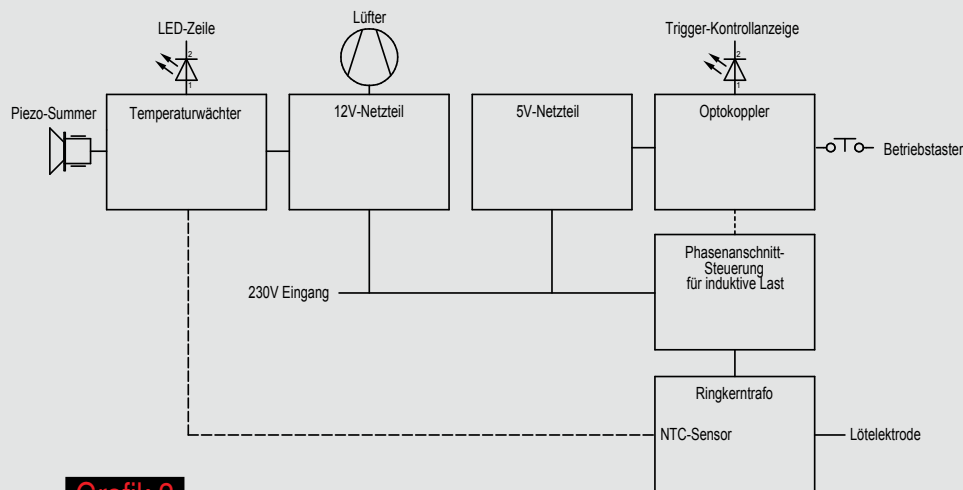
**Bitte fragen Sie uns.  
Katalog kommt kostenlos.**

**PROXXON**

— [www.proxxon.com](http://www.proxxon.com) —

PROXXON GmbH - D-54343 Föhren - A-4210 Unterweisersdorf

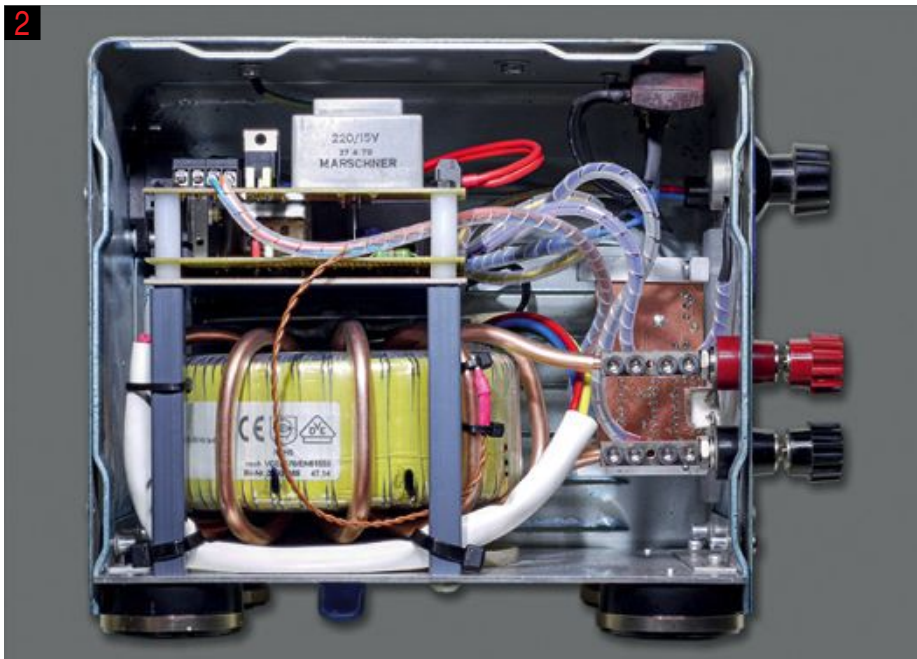




Die gewählte Phasenanschnittsteuerung benötigt im Leerlauf eine Grundlast



Auch beim Widerstandsloten gilt: ohne Üben geht es nicht



Ein Blick ins Innere zeigt den umgewickelten Ringkerntrafo, dessen ursprüngliche Sekundärwicklungsanschlüsse voneinander isoliert in dem weißen PVC-Schlauch verwahrt werden



Rechts ein Chinaprodukt, das jetzt eine Kohleelektrode trägt, daneben ein deutscher Klassiker mit Edelstahlspitze. Die Lötpinzette entstand aus einer Filmabstreifzange aus analogen Fototagen



Probeversion 1 entstand wie seine Nachfolger aus Teilen, die der Restefundus hergab. Der Werkstückhalter mit Masseklemme war ein Zwischendurchprojekt

## Die LötKolben

Rechts im Bild 4 ist ein chinesisches Handstück zu sehen, das sogar Platz für einen Mikrotaster hat. Der Lötvorgang (Bild 5) kann bequem mit dem Zeigefinger ausgelöst werden. Dabei ist eine etwas gewöhnungsbedürftige Reihenfolge einzuhalten:

- Die kalte Lötspitze wird an die mit Löt-paste versehenen und mechanisch fixierten zu verlötenden Werkstückteile gehalten
- Der Stromfluss wird durch Knopfdruck gestartet
- Das Lötspitzenende wird an der Berührungsstelle zum Werkstück rotglühend
- Das Flussmittel beginnt zu verdampfen
- Das Lötzinn schmilzt und fließt
- Der Taster wird losgelassen, der Kolben bleibt am Werkstück
- Das Lötzinn erstarrt
- Der Kolben kann entfernt werden

Das Lesen dieser Schritte dauert länger als deren Durchführung.

Der mittlere Kolben ist stabiler und leistungsstärker (s. Tabelle). Da kein Platz für einen Einbautaster vorhanden und ein Aufbautaster unergonomisch ist, muss ein Fußtaster verwendet werden.

Die Lötpinzette ist für die Verbindung von Kleinteilen vorgesehen, an denen sich nur schlecht ein Massekabel anbringen lässt. Der Abstand der Lötspitzen ist einstellbar. Auch hier wird der Fußtaster benötigt.

### Leistungsdaten der drei Kolben an Version 2

ELEKTRODENART	Klemmenspannung	max. Abgabeleistung
Graphit, 6 mm konisch	1,6 – 3,1 V	80 VA
Edelstahl, 6 mm konisch	1,6 – 2,4 V	600 VA
Edelstahl, 2 × 4 mm konisch	1,6 – 2,7 V	300 VA

Deutlich ist der Einfluss des Elektrodenmaterials zu erkennen. Die Graphitelektrode sorgt wegen ihres relativ hohen Widerstandes für eine Konzentration der Abgabeleistung an der Lötstelle; die Zuleitungen erwärmen sich nur sehr wenig. Die Widerstände der Stahlspitze und der Zuleitung + Sekundärwicklung liegen wertermäßig dichter beieinander, entsprechend verteilen sich die Wärmeleistungen: Die Lötspitze erhält einen prozentual kleineren Anteil. Da wegen des im Vergleich zum Graphitkolben deutlich niedrigeren Gesamtwiderstandes aber ein höherer

Sekundärstrom zustande kommt, steht an der Stahlspitze trotz dieses geringeren prozentualen Anteils eine höhere absolute Wärmeleistung zur Verfügung. Versuche mit Kupferelektroden waren totale Misserfolge, da die Zuleitungen zu heiß wurden und die Spitze die Löttemperatur nicht erreichte.

### Version 1

Diese sehr einfach gehaltene Variante (Bild 6 und 7) sollte nur zeigen, ob das Widerstandslöten eine brauchbare Ergänzung zu den klassischen Hobby-Lötverfahren bietet. Das hat sie bei der Herstellung des Mannkorbes der Pferdekopfpumpe, die ich im vorigen Heft beschrieben habe (MASCHINEN IM MODELLBAU 1/2016), für mich überzeugend bewiesen: Filigrane Messingprofile mit sehr dicht beieinander liegenden Lötstellen – hier liegt die Stärke dieses Verfahrens. Die Lötstelle wird punktgenau sehr schnell aufgeheizt. Die vorzugsweise vorher sparsam eingebrachte Weichlötpaste (Sn97Cu3) fließt, bevor die Wärmeleitung eine benachbarte Lötstelle wieder lösen kann – vorausge-

setzt, man nimmt den Finger rechtzeitig vom Einschalttaster. Das Timing ist eine Übungssache. An sich erledigt ein klassischer ElektrolötKolben mit feiner Spitze seine Arbeit in ähnlicher Weise, kommt aber erstens nicht auf die hohe Temperatur von etwa 700 °C, zweitens ist der Wärmeschub bei einer feinen Spitze nicht ausreichend und drittens lässt sich die Wärme nicht schnell ausschalten, während der Kolben kleine Bauteile bis zum Erstarren des Lotes fixiert.

Der Trafo dieser Version 1 diente ursprünglich als Heiztrafo für irgendein größeres Röhrengerät; 6,3 V und 10 A waren die Leistungsangaben. Ich habe ihn unverändert zum Löten eingesetzt. Seine Leerlaufspannung liegt bei 7 V, im Kurzschlussfall liefert er 95 A, in Verbindung mit dem Graphitkolben deutlich weniger, was aber für kleine Lötstellen reicht (s.o.). Ein- und ausgeschaltet wird die Primärseite über ein Solid-State-Relais (Halbleiter-Relais) mit integriertem Optokoppler, das im Bild 7 als schwarzer Block links oben neben dem Netzschalter zu sehen ist. Das für den Koppler erforderliche 5-V-Kleinnetzteil

Anzeige



FÜR DEN FEINEN JOB  
GIBT ES  
DIE RICHTIGEN GERÄTE

**MICRO-Heißluftpistole MH 550. Klein, robust und leistungsstark. Komplett mit 3 Zusatzdüsen.**

Zum Schrumpfen von Schläuchen, Entfernen von Farb- und Lackschichten (Abbeizter), Trocknen von Klebstoffen und Farben, Aufbringen und Entfernen von Folien (Aufklebern). Stellflächen für den stationären Einsatz. Konstante Temperatur in 2 Stufen (350°C und 550°C) bei Luftdurchsatz von ca. 180 l/min.

Von PROXXON gibt es noch 50 weitere Geräte und eine große Auswahl passender Einsatzwerkzeuge für die unterschiedlichsten Anwendungsbereiche.

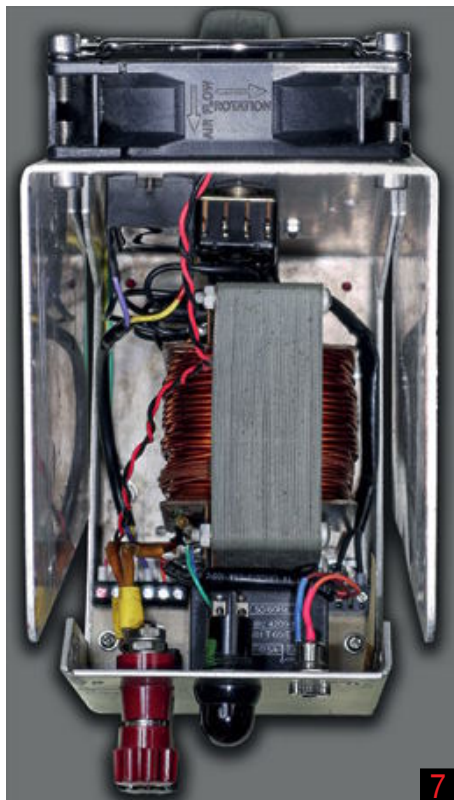


Bitte fragen Sie uns.  
Katalog kommt kostenlos.

**PROXXON** — [www.proxxon.com](http://www.proxxon.com) —

PROXXON GmbH - D-54343 Föhren - A-4210 Unterweisersdorf





Ein ehemaliger Heiztrafo aus der Röhrenära wird über ein Solid-State-Relais primärseitig geschaltet



8

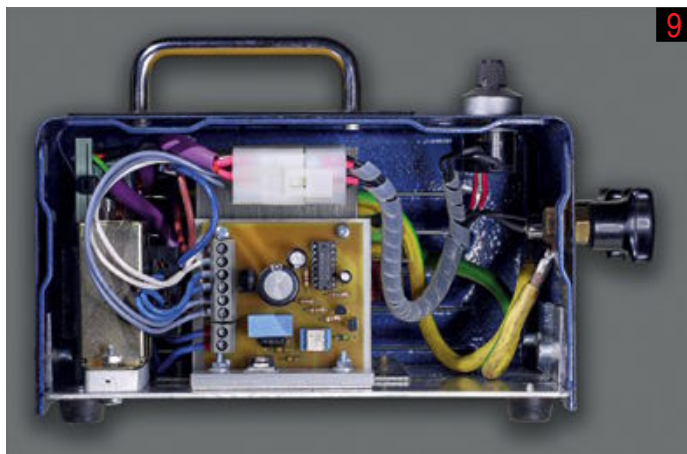
Version 3 eignet sich notfalls für kleine Punktschweißungen

ist im unteren Bildteil erkennbar. Es versorgt gleichzeitig den Lüfter mit Unterspannung. Die Abluftöffnung befindet sich unter dem auf Abstandshaltern stehenden Heiztrafo.

Auch das Gehäuse hat schon andere Aufgaben vorher erledigt; daher stammen einige unmotiviert Bohrungen an der Frontseite. Eine sinnvolle Ergänzung der Lötausrüstung zeigt Bild 6 neben Version 1: Ein Proxxon-Schraubstock musste seinen Saugfuß abgeben und erhielt dafür eine längere Spindel und neue Spannbacken – sehr praktisch.

### Version 3

Um es vorweg zu nehmen, diese Version (Bild 8 und 9) hat ihren ursprünglichen Zweck nicht voll erfüllt. Der Aufkleber verrät „SPOT WELDING“ – Punktschweißen.



9

Ein umgewickelter Mikrowellentrafo liefert zeitgesteuert Strom – zum Schweißen zu wenig, zum Löten zu viel

10



Eine Versuchsanordnung zum Punktschweißen. Der Schweißvorgang wird über den Mikroschalter am Fuß der Säule ausgelöst



11

Material für die Sekundärwicklungen: links 2-mm-Volldraht des Heiztrafos aus Version 1. Der 4,5-mm-Volldraht ergänzte den Ringkerntrafo aus Version 2. Die Erdungslitze rechts daneben lieferte die Sekundärwicklung des Mikrowellentrafos (Version 3)

Die Zutaten: Gehäuserest von Version 2, Mikrowellentrafo ohne sekundäre Hochspannungsspule, dafür mit drei neuen Windungen dicker Kupferlitze aus einem uralten Elektroschweißgerät. Das Ein- und Ausschalten erledigt ein von 0 bis 4 Sekunden einstellbarer Timer, der nach Aktivierung 1 Sekunde wartet und dann für die voreingestellte Zeit die Primärseite – wieder über ein Solid-State-Relais + Optokoppler – während des Nulldurchgangs der Netzspannung einschaltet. Ein vorzeitiger Abbruch dieses Ablaufes ist nicht vorgesehen.

Das Gerät liefert 700 A bei 3,5 V, was gerade so eben für das Punktschweißen dünner Stahlbleche reicht. Zum Widerstandslöten ist das schon zu viel.

Der Vollständigkeit halber zeigt Bild 10 die Versuchsanordnung zum Punktschweißen. Die Elektrode besteht aus vergütetem Stahl; ein Mikroschalter am Säulenfuß triggert den Timer. Den Kabeln sieht man ihr Alter unschwer an. Bild 11 zeigt die verwendeten Kabel im Vergleich.

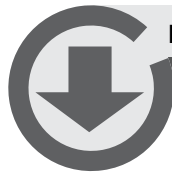
## Notwendig und sinnvoll

Das Wichtigste dürfte die Schutzbrille sein (Bild 12). Ätzende Flussmittel, wie sie in pastösen Lötmitteln vorkommen, können heftig spritzen, wenn sie sehr schnell hoch aufgeheizt werden. Da der Betrachtungsabstand bei der Bearbeitung kleiner Teile eher gering ist, sind ungeschützte Augen besonders stark gefährdet.

Die Flussmittelmischung aus Zinkchlorid und Ammoniumchlorid ist nicht gerade hautfreundlich, die Hände sollten daher z.B. mit Nitril-Handschuhen geschützt werden. Die Ätzwirkung des Flussmittels ermöglicht zwar das Verzinnen und Löten von Stahl, hinterlässt aber an Werkzeugen und Maschinenteilen aus diesem Material bei direktem oder indirektem Kontakt bereits nach kurzer Zeit heftige Korrosionsflecken.

Dass auch nach dem Widerstandslöten die Flussmittelreste sorgfältig vom Werkstück abgewaschen werden müssen, bedarf sicher keiner weiteren Begründung. Kleine Teile lassen sich effektiv im Ultraschallbad reinigen.

Notwendig ist natürlich das Lot, das in fester Drahtform und/oder als Aufschwemmung feinsten Teile in einer Flussmittellösung Verwendung findet. Weichlöt- und Verzinnepasten mit der Zusammensetzung Sn97Cu3 mit 60% Festkörperanteil eignen sich sehr gut für das Widerstandslöten. Die Lötstellen sind nach einem Ultraschallbad sehr unauffällig, weil wenig erhaben. Stärker beanspruchte Lötstellen lassen sich mit Elektroniklot nachlöten. Etwas schlechtere Erfahrungen habe ich mit „Karosserielot“ gemacht, einer 60%igen Pb60Sn40-Paste. Der hohe Bleianteil sorgt für einen niedrigeren Schmelzpunkt im Vergleich zur bleifreien Varianten. Das erstarrte Lot hat eine weichere Konsistenz und damit geringere Festigkeit. Abschreckend sind die beim Löten entstehenden Blei-



Die Schaltungen und Platinenlayouts stehen zum Download bereit unter:

[www.maschinen-im-modellbau.de](http://www.maschinen-im-modellbau.de)

oxidämpfe und die trotz gleichen Festkörperanteils eher zum Kleckern neigende, gelartige Zusammensetzung der Paste. Zum Vorverzinne ist sie brauchbar, aber dafür nimmt man kein Widerstandslötgerät.

## BITTE BEACHTEN

Elektrische Geräte, die an der Netzspannung von 230 VAC betrieben werden sollen, müssen den einschlägigen VDE-Sicherheitsrichtlinien entsprechen. Nachbauten sind für Anfänger und Unerfahrene nicht geeignet und geschehen stets auf eigenes Risiko! Autor und Verlag weisen darauf hin, dass für direkte oder indirekte Schäden durch die private oder geschäftsmäßige Verwendung der auf der Verlags-Homepage zur Verfügung gestellten Informationen keinerlei Haftung übernommen wird.

Unverzichtbar – das Drumherum. Bei der Verwendung ätzender Weichlotpasten ist die Schutzbrille ein Muss!



Anzeige



FÜR DEN FEINEN JOB  
GIBT ES  
DIE RICHTIGEN GERÄTE

**Poliermaschine PM 100.** Zur Oberflächenbehandlung von Edelmetallen und Nicht-Edelmetallen sowie Kunststoffen. Für Normbürsten und Einsätze bis 4" oder 102 mm.

Kräftiger Antrieb durch DC-Motor (1.000 – 3.100/min). Hohes Anzugsmoment und enorme Durchzugskraft auch bei starkem Anpressdruck. Zum Festschrauben sowie zur horizontalen und vertikalen Befestigung mit dazugehöriger Schraubzwinge. Gewicht ca. 5 kg.

Von PROXXON gibt es noch 50 weitere Geräte und eine große Auswahl passender Einsatzwerkzeuge für die unterschiedlichsten Anwendungsbereiche.

PM 100



Bitte fragen Sie uns.  
Katalog kommt kostenlos.

**PROXXON**

— [www.proxxon.com](http://www.proxxon.com) —

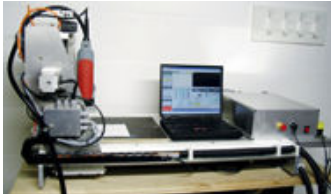
PROXXON GmbH - D-54343 Föhren - A-4210 Unterweisersdorf



20000

**Mehrere Dampflok**-Betriebsbücher, Baujahre ab 1910, Tenderlok CN2T dazu ca. 150 Blaupausen. 10 Stck. Eisenbahnbücher zum Teil alt. Tel.: 0 49 21 / 2 55 86.

30000



**CNC-Portalfräse** neu, incl. Steuerung, Fräse, Laptop, Anlieferung und Inbetriebnahme mit Testprogramm für EUR 2.400,-, Spannfläche X=1250; Y=420, Verfahrfäche X=720; Y=378; Z=80. Tel.: 0 51 39 / 80 59 65.

50000



**Schraubzwingen (Guss)** mit Holzgriff: 4 St. Spannweite 1.500 mm = EUR 78,00, 4 St. Spannweite 1.000 mm = EUR 62,00, 4 St. Spannweite 500 mm = EUR 46,00, 6 St. Spannweite 300 mm = EUR 60,00, 8 St. Spannweite 150 mm = EUR 40,00. Einhandzwingen (Kunststoff): 4 St. Spannweite 400 mm = EUR 55,00. Alles zusammen EUR 275,00 Abholpreis!! Alle sehr wenig gebraucht! Kontakt: juergen.bell-consulting@t-online.de oder Tel.: 01 72 / 3 45 60 00.

60000

**Verkaufe** ca. 40 Dampfmaschinen neue und Vorkrieg. Viele Antriebsmodelle, Zubehör u. Ersatzteile. Lothar Mandler, C3-15, 68159 Mannheim, Tel.: 06 21 / 10 19 33.

80000



**Verkaufe** zu günstigen Preis: Dampfboot Natela zum fertigen Aufbau, Zeichnungsunterlagen vorhanden, Boot Holz, 2 Servos bereits eingeb., Maschine 2Zyl. funktionsfähig mit Luft, Fertigstellung aus Altersgründen nicht möglich. Preis VS. Tel.: 0 75 29 / 91 23 95.

**Suche** Bauplan u. Zylinderkopf für Stuart Motor 800 Side Shaft oder Teile vom Motor wäre für alles dankbar. Tel.: 01 51 / 52 35 25 57 oder Email: ferdinand.wallenberg@gmx.net.

Ausland



**Österreich: Modelldrehbank** und Hobelmaschine zu verkaufen. Maße: Drehbank Länge über alles: 45 cm, Hobelmaschine Höhe 35 cm. Weitere Bilder auf Anfrage. VB zusammen € 1000,-. Email: heinrich@hetzertextil.at.



**Privat: Generator** als Antriebsmodell für eine Dampfmaschine, 6V 3W Wechselstrom, EUR 39,-, mit Laterne auf Sockel, EUR 52,- plus Porto. Tel.: 00 43 / 25 22 75 16 abends, Email: evelyne.berger@aon.at.



**Ich suche** alte Fahrraddynamos (auch Schrott, da ich sie komplett zerlege) wie auf dem Foto. Brauche jede Menge und würde EUR 1,- plus Porto dafür bezahlen. Tel.: 00 43 / 25 22 75 16 abends, Email: evelyne.berger@aon.at.

**NORMTEILE**

Schrauben, Muttern, Nieten  
U-Scheiben, Paßfedern  
Sinterbronzebuchsen  
O-Ringe, Manometer  
**HALBZEUGE**  
Blankstahl  
Edelstahl rostfrei  
Silberstahl  
Bronze, Messing  
Kupfer

**WERKZEUGE**

Gewindebohrer,  
Schneideisen etc.

**Klaus Hoffe • Modellbaubedarf**

Elberfelder Straße 88

58095 Hagen

Tel. (0 23 31) 2 65 79

Fax (0 23 31) 2 46 40

Katalog gegen € 4,- in Briefmarken

**Eine echte Sensation** - Sie finden nirgendwo das Gleiche. Siebenzylinder Sternmotor mit echten Tönen - aus meiner Techniksammlung. Tolle Dekoration und schönes Geschenk. Wirkliche Sternmotorakustik z.B. so wie bei AN-22 Flugzeugtyp. - Hören Sie bitte ein echtes Erlebnis - Dieser Motortyp ist 100% umweltfreundlich. Größe: Gewicht 3 kg, 0,6 kg Schwungmasse, N = 250/Minut, D = 500 mm. Ich kann Ihnen gerne ein kurzes Video senden während der Motor in Betrieb ist. Preis: EUR 1900,-. Werfen Sie einen Blick auf die Fotos und schreiben Sie mir bitte. Ich kann alle Anfragen beantworten. Email: radialmotorherr001@gmail.com.

**Gewerbliche Kleinanzeige**

[www.fraesdienst-schulze.de](http://www.fraesdienst-schulze.de)

Anzeigenschluss für  
Maschinen im  
Modellbau 3/16  
ist am 21. März 2016



Die ganze Welt des Modellbaus  
**[www.vth.de/shop](http://www.vth.de/shop)**

**Dreh- und Fräsmaschinen  
Werkzeuge, Rohmaterial**

Fertigung, Glasperlen u.v.m.

3 Kataloge € 10,- (wird bei Kauf angerechnet)

[www.wms-moeller.de](http://www.wms-moeller.de)

**WMS-Möller**, Meisterbetrieb, Geschwindstr. 6,  
63329 Egelsbach, Tel. 06103/ 94 60 11 Fax 4 96 10  
e-mail: info@wms-moeller.de

FISCHER

seit 1895

*Werkzeuge und Zubehör  
für den Modellbauer*

[www.fischer-pforzheim.de](http://www.fischer-pforzheim.de)

**KARL FISCHER GmbH**

Berliner Str. 18 · 75172 Pforzheim  
☎ 07231/ 31 0 31 · Fax 07231/ 310 300

**Gussteile**

für Modellbauer aus Buntmetall, Grauguss und Alu.  
Schwungräder, Lokomotivräder, Lokomotivteile,  
Baupläne und Gussteile für Dampfmaschinen.  
Katalog € 3,- in Briefmarken. [www.ateliermb.com](http://www.ateliermb.com)

**Atelier MB**

M. Burkhard  
im Hilt 25  
CH-5412 Gebenstorf

Fax 0041 56 223 33 72

**Sandstrahlkabine – SMART Cab**

In zwei Größen verfügbar ab € 359,- (inkl. UST)

Arbeitet mit jedem kleinen Kompressor ab 1,5 kW (2,0 PS)

**[www.logiblast.at](http://www.logiblast.at)** AT-2630 Ternitz Tel.+43(0)664-73100159

**Fittings, Kesselzubehör, Ventile, Öler, Schwungräder**  
**www.modellbau-niggel.de**

- ✓ Software-Steuerungen für 3 oder 4 Schrittmotorachsen unter MS-Windows
- ✓ Steuerungen und Software für kleine und große Maschinen in Hobby, Modellbau und Industrie
- ✓ Schrittmotoren und Leistungskarten von 1-7A, 0.5-6Nm

- ✓ Steuerprogramm **WinPC-NC** in verschiedenen Ausführungen und funktionellen Ausbaustufen
- ✓ seit Jahren 1000fach im Einsatz
- ✓ lauffähig auf modernen PCs ab 1GHz und Win2000-XP-Vista-7
- ✓ einfache, intuitive Bedienung und schnelle Inbetriebnahme

**Gratisinfo : Burkhard Lewetz**  
**Hard-Software**  
**Info@Lewetz.de**

**Brückenstraße 7  
D-88074 Meckenbeuren  
[www.Lewetz.de](http://www.Lewetz.de)**

**in allen Qualitäten und Abmessungen**

**Stangen • Profile • Bleche aus Messing • Kupfer  
Rotguß • Bronze • Aluminium • Stahl • Edelstahl**

**WILMS**  
Metallmarkt  
Lochbleche

**Wilms Metallmarkt Lochbleche GmbH & Co. KG**  
**Widdersdorfer Straße 215 | 50825 Köln (Ehrenfeld)**  
 Tel.: 0221 546 68 - 0 E-Mail: [mail@wilmsmetall.de](mailto:mail@wilmsmetall.de)  
 Fax: 0221 546 68 - 30 Shop: [www.wilmsmetall.de](http://www.wilmsmetall.de)

Fordern Sie unsere  
kostenlose Lagerliste an!

## konventionelle und CNC gesteuerte Drehmaschinen

**ab 2.099,00 €**



## konventionelle und CNC gesteuerte Fräsmaschinen

**ab 2.099,00 €**



**Walter Blombach GmbH**  
Tel. +49 (0) 2191 / 597-0  
info@wabeco-remscheid.de  
www.wabeco-remscheid.de

**WABECO**

MASCHINENMANIFAKTUR seit 189

Katalog 2012 als e-Maildatei oder Informationsmaterial sind kostenlos!  
Ravensburger Dampfmodelle - Jakob-Ruß-Weg 1 - 88214 Ravensburg  
e-Mail: RaDaPROBST@kabelbw.de - [www.ravensburger-dampfmodelle.de](http://www.ravensburger-dampfmodelle.de)

## -Bestellcoupon für Kleinanzeigen

Bitte veröffentlichen Sie in der nächstmöglichen Ausgabe der **MASCHINEN im Modellbau** folgenden Anzeigentext: ☐ mit Foto (5,- € zusätzlich)  
 Leerfelder und Satzzeichen werden als Buchstaben gerechnet. Bitte in Blockbuchstaben ausfüllen!

**MASCHINEN**  
im Modellbau

**5,- EURO**

[illegible]

- Einfach Coupon ausfüllen, ausschneiden oder kopieren und einsenden an:

**MASCHINEN**  
im Modellbau

VTH neue Medien GmbH  
Anzeigen-Service  
76526 Baden-Baden  
Deutschland

• oder per Fax an: 07221/508765

Kreuzen Sie bitte an, wie Sie bezahlen:

☐ \_\_\_\_\_ Euro anbei!

☐ bequem und bargeldlos durch Bankeinzug (nur in Deutschland möglich)

Geldinstitut

BLZ / BIC

Kontonummer / IBAN

Datum/Unterschrift des Kontoinhabers

**Absender:**

Name/Vorname

---

**Straße/Hausnummer**

PI 7/Ort

Tel./Fax-Nummer für evtl. Rückfragen

Datum

Unterschrift



# Werden Sie Magazin-Abonnent

**1** Keine  
Ausgabe mehr  
verpassen

**2** Frei Haus,  
keine  
Zustellgebühr

**3** Abonnenten  
genießen die  
Club - Vorteile



Liebe Leserin, lieber Leser,

wäre es nicht schön, Sie hätten Ihr persönliches  
Exemplar der MASCHINEN IM MODELLBAU  
Ausgabe für Ausgabe ganz bequem im Briefkasten?  
Sie wären immer auf dem Laufenden über die Welt  
des Modellbaus!  
Mit besten Grüßen,

Ihr Peter Hebbeker

## Wählen Sie Ihre Prämie

**5+1**

**MASCHINEN IM MODELLBAU**

5 Ausgaben bezahlen,  
1 Ausgaben als Prämie.



**PRÄMIE 1**

Der beliebte Neuling!  
VTH-Sammelordner\*



**PRÄMIE 2**

Fachbuch „Hartlöten -  
Leitfaden für die Praxis“\*



**PRÄMIE 3**

Diamant-Flachfeilen  
von RoNa\*



**PRÄMIE 4**

Candle Car Kit  
Das Kerzenauto von Exergia\*

[www.vth.de](http://www.vth.de)

\* nur solange Vorrat reicht

# und genießen Sie folgende Vorteile:

**4** Ihr persönlicher  
ABO-Service  
07221-50 87 71

**5** Jede Ausgabe vor  
Verkaufsstart in  
Ihrem Briefkasten

**6** Wählen Sie  
eine attraktive  
Prämie

Gleich **AUSFÜLLEN** und **SENDEN AN**



Verlag für Technik und Handwerk  
neue Medien GmbH  
Robert - Bosch - Straße 2 - 4  
76532 Baden - Baden  
DEUTSCHLAND

Gleich **ANRUFEN, FAXEN** ODER **MAILEN**



**ABO-HOTLINE** 0 72 21 - 50 87 71  
**ABO-FAX** 0 72 21 - 50 87 33  
**ABO-E-MAIL** abo@vth.de

☐ Ja, ich abonniere **MASCHINEN IM MODELLBAU** ab der nächst erreichbaren Ausgabe

☐ **Reguläres Abo 6x** zum Preis von Inland 39,00€ | Ausland 45,60€

☐ **Prämienabo** (Laufzeit mindestens ein Jahr - 6 Ausgaben in D: 39,00€ | Ausland: 45,60€ inkl. Prämie. Der Versand der Prämie erfolgt, wenn die Rechnung bezahlt ist.  
Prämien erhalten nur Neu-Abonnenten. Das Angebot gilt nicht für ABO-Umstellungen im gleichen Haushalt. Lieferung solange Vorrat.)

☐ Ich wähle folgende Prämie

☐ **5 + 1** 5 Ausgaben bezahlen, 1 Ausgaben geschenkt. Inland: 32,50€ | Ausland 38,00€

☐ **Schnupper-ABO** (3 Hefte zum Sonderpreis von nur 6,50€ inklusive Zustellgebühren und MwSt - Auslandslieferungen zzgl. einmalig 5,-€ Porto / Versandkosten.  
Wenn mir **MASCHINEN IM MODELLBAU** gefällt brauche ich nichts zu tun, ich erhalte **MASCHINEN IM MODELLBAU** dann monatlich zum derzeit aktuellen Bezugspreis, 6 Hefte für 39,00€ (Ausland: 45,60€). Möchten Sie **MASCHINEN IM MODELLBAU** nicht weiterbeziehen, teilen Sie uns das bitte spätestens eine Woche nach Erhalt des 2. Heftes schriftlich mit und alles ist für Sie erledigt.

Name/Vorname Telefonnummer E-Mail Geburtsdatum

Straße/Hausnummer Postleitzahl/Wohnort Datum/Unterschrift

☐ Ich bin damit einverstanden, dass der Verlag mich per Telefon und/oder E-Mail über interessante Angebote aus dem Medienbereich informiert. Ich kann der Verarbeitung und Nutzung meiner Daten zu Werbezwecken jederzeit beim Verlag widersprechen.

Dieses Abonnement enthält 6 Ausgaben pro Jahr. Es läuft ab der nächsterreichbaren Ausgabe für zunächst 1 Jahr und verlängert sich jeweils um 1 Jahr, wenn es nicht 3 Monate vor Ablauf des Bezugszeitraumes schriftlich gekündigt wird.

**Gewünschte Zahlungsart bitte ankreuzen bzw. ausfüllen**

☐ per **SEPA-Einzugsermächtigung**

☐ per **Rechnung**

Datum

Unterschrift/Kontoinhaber

Name der Bank

Ländercode/Prüfziffer (Bankleitzahl)

(Kontonummer)

BIC/SWIFT

IBAN

**SEPA-Lastschriftmandat** Ich ermächtige den Verlag für Technik und Handwerk neue Medien GmbH, Robert-Bosch-Str. 2-4, 76532 Baden-Baden, Gläubiger-ID DE05VTH00000652107 die Abonnementgebühren von meinem Konto mittels Lastschrift einzuziehen. Zugleich weise ich mein Kreditinstitut an, die vom Verlag für Technik und Handwerk neue Medien GmbH auf mein Konto gezogenen Lastschriften einzulösen. Hinweis: Ich kann innerhalb von acht Wochen, beginnend mit dem Belastungsdatum, die Erstattung des belasteten Betrages verlangen. Es gelten dabei die mit meinem Kreditinstitut vereinbarten Bedingungen.



# Der adelige Flammenfresser



## Kurfürst von Bengs Modellbau

### Kurt Becker

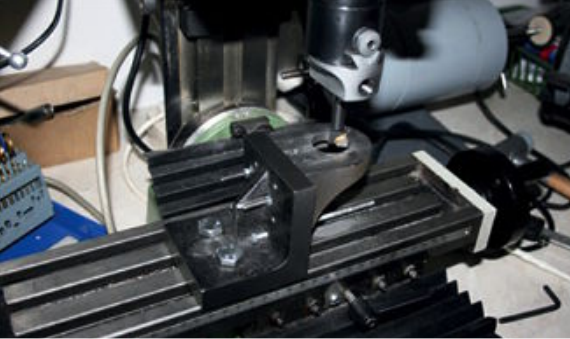
Laut Brockhaus sind Kurfürsten solche, die zur Königswahl berechtigt sind. Für uns Modellbauer ist der Kurfürst aber ein anspruchsvoller Vakuummotor (Flammenfresser) der Firma Bengs. Auch bei diesem Motor waren wieder einige Klippen und Hürden zu überwinden und solange ich den technischen Modellbau betreibe, habe ich immer das Gefühl gehabt, ich falle von einem Problem zum nächsten; aber darin liegt die Herausforderung und letztlich der Reiz und die Befriedigung, wenn das Problem gelöst ist.

### Für Fortgeschrittene

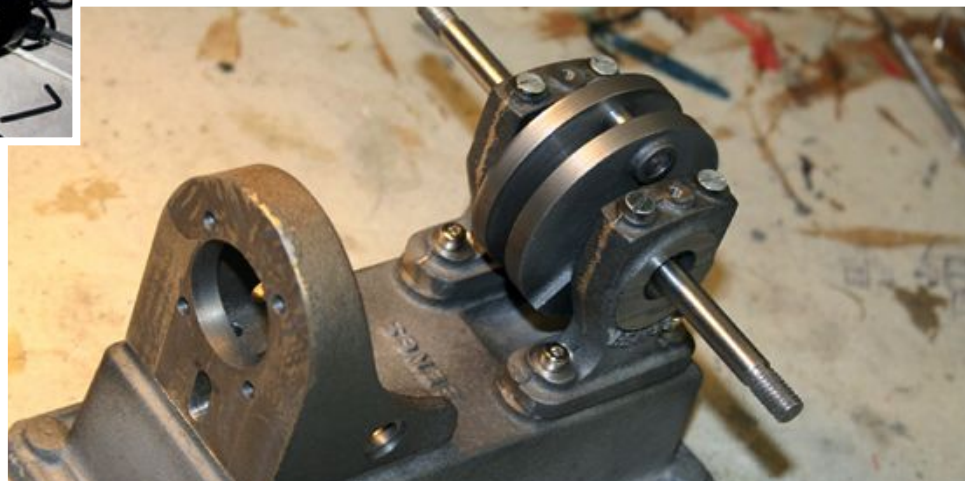
Als einziges Modell im Sortiment von Bengs gibt es hier keine vorgefrästen Bauteile. Geliefert werden die Gussteile und gegen Mehrpreis auch alle Kleinteile und Halbzeug. Man muss also Fräsen können.

Die Qualität der gelieferten Gussteile ist top, der Bauplan ist übersichtlich und enthält eine ausführliche Beschreibung mit Bau-Tipps. Bei den Besonderheiten des Modells ist zu erwähnen, dass der Zylinder aus einem Hydraulikrohr besteht (St 55), das innen nicht mehr bearbeitet werden muss. Als Nachteil ist dabei anzumerken, dass es korrodieren kann. Bengs weist

Bearbeitung des Zylinderhalters  
mit Aufspannwinkel

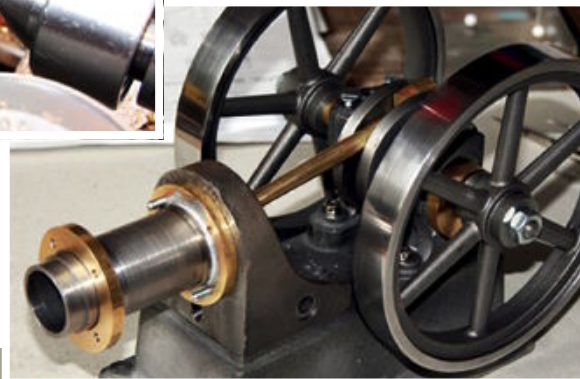


Probemontage. Alles passt soweit



Zylinderrohrdrehen mit Adapter

Der Baufortschritt ist deutlich zu sehen



Das Hilfsteil zur Bearbeitung  
des Glühkopfes



Bearbeitung der Tankhalter  
mit Ausdrehkopf

deshalb darauf hin, den Kurfürsten immer mindestens zehn Minuten laufen zu lassen, bis das Kondenswasser verdunstet ist. Ich benutze aus diesem Grund das dünne Flammenfresseröl von Bengs, um Korrosion sicher zu vermeiden, das Modell läuft aber ohne diese Schmierung ebenfalls bestens.

### Technische Besonderheiten

Der Schieber ist aus Graphit, eine kleine Spiralfeder drückt dabei den Schieber an. Damit ist ein leidiges Problem vieler anderer Konstruktionen elegant umgangen, hier klemmt nichts und es ist ein dichter Verschluss.

Auch ist der Kurfürst nicht so empfindlich gegen Zugluft. Dies ist dadurch bedingt, dass die Flamme im Glühkopf versteckt ist. So kann man aber leider auch nicht sehen, wie die Flamme „gefressen“ wird. Glühkopf und Auspuff sind im Lanz-Design ausgeführt. Die Kühlung ist eine Verdampferkühlung, so wie z.B. bei den alten Kramer-Traktoren.

### Zum Bau

Einige ausgewählte Bauabschnitte sollen näher beschrieben werden. Um den Zylinder mit Reitstockunterstützung sicher in der Drehmaschine bearbeiten zu können, habe ich aus Alu einen Adapter gedreht. Auch um den Kolben von außen zu bearbeiten, habe ich einen Spanndorn gedreht. Dies ist ein kritischer Arbeitsschritt, die letzten Hundertstel habe ich mit 1.000er Schmirgel abgenommen und dabei immer wieder probiert, bis der Kolben leicht und dennoch ganz satt im Zylinder gleitet.

Für die Bearbeitung des Zylinderhalters ist ein Aufspannwinkel notwendig. Wer



versucht, dieses Teil nur im Schraubstock zu spannen, wird gehörig auf die Nase fallen. Es müssen nämlich die Außenfläche plan gefräst, das Loch für die Schieberstange ausgefräst, die Öffnung für den Zylinder mit dem Ausdrehkopf bearbeitet und diverse Bohrungen eingebracht werden.

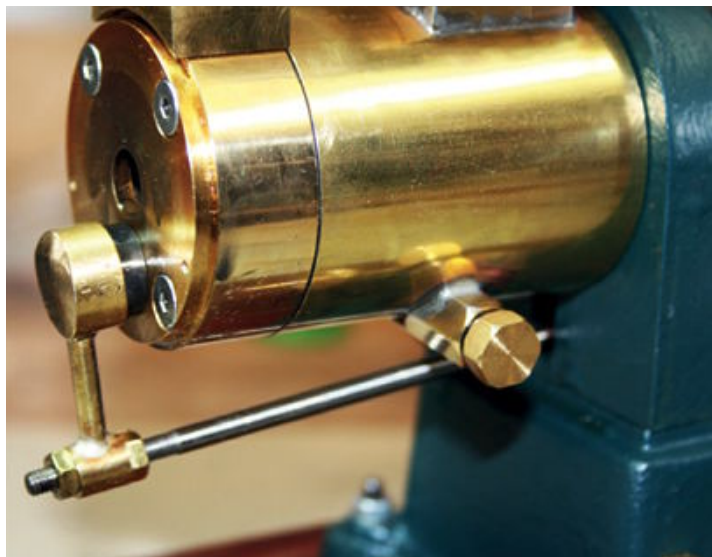
Um den Glühkopf zu bearbeiten, ist ein großes Vierbackenfutter sicher ideal, in meiner Werkstatt aber nicht vorhanden. Deshalb habe ich ein etwas abenteuerlich aussehendes Hilfsteil gebastelt. Es ist ein dickes Alurohr mit Aussparung und diversen Klemmschrauben und einem Spannband. Die beiden Halterungen für den Tank habe ich mit der Laubsäge ausgesägt, nur das Kreissegment wurde mit dem Ausdrehkopf bearbeitet.

Nach geschätzten 100 Arbeitsstunden stand der fertige Flammenfresser vor mir. Nachdem alles richtig eingestellt war, lief er auch gleich tadellos. Nur der Schieberhalter kollidierte mit der Flammenregulierbuchse und musste etwas nachgefeilt werden.

Insgesamt gefällt der Kurfürst durch ein sicheres Laufverhalten, natürlich nur in einem gewissen Temperaturfenster. Zu kalt oder zu heiß mag er nicht. So ist das Modell eigentlich schon ein König und nicht nur ein Fürst.

## Info und Bezug

Bengs Modellbau  
Im Kirchfelde 6  
31675 Bückeburg  
Tel.: 05722 892102  
Internet: [www.bengs-modellbau.de](http://www.bengs-modellbau.de)



Der Graphitschieber bei abgenommenem Glühkopf



Er läuft! Nach ca. 100 Stunden war der Kurfürst fertig

#### Tischbohrmaschine

**OPTI<sup>®</sup> drill<sup>®</sup>**  
DH 248V

- Stufenloses mechanisches Getriebe, extrem zuverlässig
- Drehzahlveränderung während dem Lauf der Maschine
- Spindeldrehzahlen 300 - 4.000 min<sup>-1</sup>
- Motorleistung 0,85/1,5 kW
- Digitale Drehzahlanzeige
- Maschinenlampe



#### Bohr-Fräsmaschine

**OPTI<sup>®</sup> mill<sup>®</sup>**  
MH 28V

- Zweistufige Getriebeübersetzung
- Grosser, stufenloser Drehzahlbereich von 100 - 2500 min<sup>-1</sup>
- Digitale Drehzahlanzeige
- Rechts-Linkslauf
- Pinolenhubanzeige
- Maschinenlampe



#### Drehmaschine

**OPTI<sup>®</sup> turn<sup>®</sup>**  
TU 2506V

- Motorleistung 1,5 kW
- Laufruhiger, leistungsstarker elektronisch regelbarer Antrieb
- Spindeldrehzahl 30 - 4000 min<sup>-1</sup>
- Digitale Drehzahlanzeige
- Hochpräzises Stahlfutter für höhere Drehzahlen



Abb. mit optionaler MPA und Unterbau



CNC Katalog



Hauptkatalog

Das Komplettsystem und unser CNC Programm - fordern Sie unsere kostenlose Kataloge an

[www.optimum-maschinen.de](http://www.optimum-maschinen.de)

[www.shop.stama.ch](http://www.shop.stama.ch)  
[www.aircraft.at](http://www.aircraft.at)

### Modell-Sechskant-Schrauben und Muttern Stahl - VA - Messing ab M 0,6

**Normteile:** Schrauben ab M1 Schlitz - Muttern Unterlegscheiben - Kreuz - Schlitz - Nieten - Inbus - Senk Zylinder - Inbus - Gewindestangen ab M 1 usw. Seilrolle, Scharnier, Bullaugen, Federn, Ventile

**Werkzeuge:** Gewindebohrer - Schneideisen usw.

#### VORHANDEN

**Modellbauschrauben - Vertrieb - Dreieich**  
Schulstraße 39 · 63303 Dreieich · Tel.: 0 61 03 / 60 33 01  
Shop: [www.modellbauschrauben.de](http://www.modellbauschrauben.de)

Fordern Sie unseren kostenlosen Katalog an.

## online

Stöbern · Staunen · Shoppen

Deutschlands größtes  
RC-Modellbau-Portal



- Neuheiten
- Tests
- Download-Pläne
- Aktuelle Angebote
- und vieles mehr...



[www.vth.de](http://www.vth.de)

### TS-Modelldampfmaschinen

Verbrennungsmotoren, Dampfmaschinen, Generatoren, Pumpen, Kessel, Wasserstände, Ventile, Brenner, Öler, Flansche, Riemenscheiben, Antriebsriemen und vieles mehr  
Onlineshop: [www.ts-modelldampfmaschinen.de](http://www.ts-modelldampfmaschinen.de)  
037362/76825 (Farbkatalog kostenlos)

**REXIN-Lote für alle Metalle im Modellbau, Funk, Oldtimer u.a.**  
alle Bleche Legierungen Guß wie Aluminium, Lipos, Zinn, Zink, Edelstahl, Neusilber, Kupfer, Messing, Bronze, Stahl/Guß, Weißmetall, Weißblech, Weich- bzw. Hartlötöten 65 - 650°C. Drawanz · Rheinstr. 11 · 56412 Holler  
Internet-Shop [www.rexin-loettechnik.de](http://www.rexin-loettechnik.de) Tel.: 026 02 - 188 88

### Echt Mini: 10mm T-Nut Profile mit System!

- + fertige Längen
- + Verbindungselemente
- + M3 Schrauben



[www.MakerBeam.de](http://www.MakerBeam.de)

Auch als 15mmT-Nut  
Profile lieferbar!

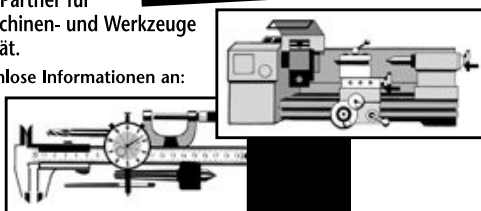
**System  
Engineering  
GmbH**  
[chartup.com](http://chartup.com)

### DEUSS MASCHINEN-WERKZEUGE:

Seit über 20 Jahren sind wir  
Ihr kompetenter Partner für  
ausgesuchte Maschinen- und Werkzeuge  
von hoher Qualität.

Fordern Sie kostenlose Informationen an:

Telefon:  
0221/60 64 01  
email:  
[info@deuss.de](mailto:info@deuss.de)  
[www.deuss.de](http://www.deuss.de)



Erfragen Sie bitte den Aktionspreis  
für den Drilldoctor 500 und 750

DEUSS · Lohnskotter Weg 14 · 51069 Köln-Dünnwald · Tel. 0221/60 64 01 · Fax 0221/60 78 80

## LEGENDEN XXL!

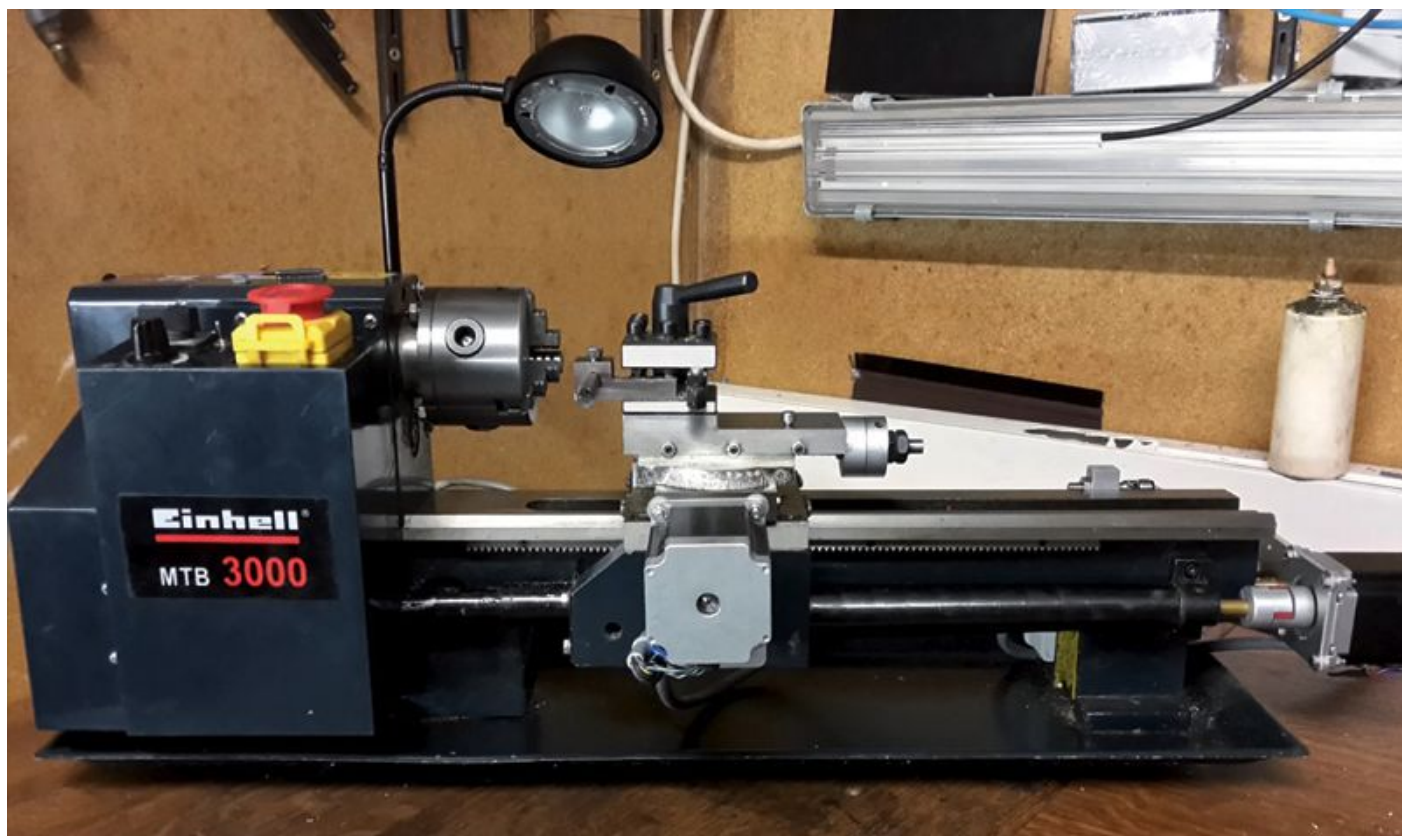
WELTGRÖSSTE MESSE  
FÜR MODELLBAU  
UND MODELLSPORT  
**20. - 24.04.2016**  
**MESSE DORTMUND**



**INTER  
MODELL  
BAU**

[www.intermodellbau.de](http://www.intermodellbau.de)





# Drehen per PC

**Stefan Schmitz**

## Umbau einer Drehmaschine auf CNC-Steuerung

Schon seit einiger Zeit spukte mir die Idee für ein neues Projekt im Kopf herum. Nach diversen Um- und Eigenbauten von Fräsen und zwei Selbstbau-3D-Druckern sollte es eine kleine CNC-Drehbank sein. Ausschlag dazu gab, wie so oft, mein Modellbaukollege Norbert Brüggem. Er ist vor ein paar Jahren in den Besitz einer alten Tischdrehbank gekommen und hat diese mit ein paar Umbauten auf CNC-Technik umgerüstet. Das hatte mich ziemlich beeindruckt, denn so etwas fehlte in meiner Sammlung noch und ich bin nicht in der Lage, zwei Drehteile annähernd gleich herzustellen.

Eine CNC-gesteuerte Fräse ist heutzutage ja schon fast nichts Besonderes mehr, CNC-Drehmaschinen hingegen sind da etwas rarer gesät. Der einzige Wermutstropfen an der Geschichte war die Sache mit der Programmierung. Norbert Brüggem programmiert seine Werkstücke wohl direkt im G-Code. Das konnte und wollte ich mir nicht antun, ich bin für solche Sachen viel zu untalentierte. Eine entsprechende Software zur Erstellung von Werkstücken war also Voraussetzung, bevor ich in den Umbau einer Drehbank investieren konnte. Nebenbei sollte die Software auch bezahlbar sein, ein nicht zu unterschätzender Faktor auf dem Weg zur eigenen CNC-Drehmaschine.

In einem Forum wurde ich auf eine Software namens RCLathe aufmerksam, welche

zu diesem Zweck geschrieben wurde. Nachdem ich die Software als Testversion heruntergeladen und ausprobiert hatte, konnte ich feststellen, dass sie wirklich relativ einfach zu benutzen ist. Natürlich musste man sich doch mit einigen G-Codes befassen, aber das hielt sich in Grenzen. Die Erstellung des Werkstückes selbst war ziemlich einfach und wurde aus einfachen Grundkörpern zusammengebaut, die dann mit Fasen und Radien ausgestattet wurden. Auch konnten Werkzeugwechsel programmiert werden, sodass auch gebohrt und abgestochen werden konnte. In der Theorie klang das erst einmal gut – die praktische Umsetzung sollte sich noch als knifflig herausstellen.

In besagtem Forum bot jemand die Software an: ungebraucht und noch nicht regist-

riert. Nach kurzem Überlegen wechselten für 200 Euro die Software und der dazugehörige Hardwaredongle den Besitzer.

## Welche Maschine?

Die nächsten Tage habe ich mich mit der Suche nach einer geeigneten Drehbank beschäftigt. Der finanzielle Rahmen war gesteckt, sie sollte keinesfalls teurer als maximal 600 Euro sein, da noch einiges an Zusatzkosten eingeplant wurden, die noch dazu gerechnet werden mussten. Zum einen war es die Software und zum anderen fehlten noch Kleinteile wie Kupplungen, Schrittmotoren und vielleicht noch später der ein oder andere Drehstahl. Die Aufnahme der Drehstähle ist auf 8×8 mm begrenzt, ein Maß, das ich seit meiner ersten Minidrehe (die im Nachhinein betrachtet genau so groß war, wie die später verwendete) nicht mehr im Besitz habe.

Ein wenig Kopfschmerzen bereitete mir die Frage, ob ich lieber in eine ältere Präzisionsdrehbank vom Kaliber Emco und Co. investieren sollte, oder mein hart verdientes Geld in einer chinesischen Drehbank anlege. Ich kam zu dem Schluss, dass eine kleine Emco in meiner angestrebten Größe zwar die bessere Wahl wäre, man aber nie weiß, wie gut (oder meistens schlecht) die Maschine von den Vorbesitzern behandelt wurde. Aus

diesem Grund entschied ich mich dazu, Ausschau nach einer jungen, wenig gebrauchten Chinadrehbank zu halten. Nach einiger Zeit wurde ich im Internet fündig, ein Anbieter hatte eine kleine Einhell-Drehbank im Verkauf, die zudem auch noch in relativer Nähe von mir zur Ansicht stand. Auf einen kurzen Mailwechsel folgte die Besichtigung und Kauf. Die Maschine machte einen guten Eindruck. Das Bett war makellos und man konnte sofort merken, dass die Drehbank sehr selten benutzt worden ist, obwohl sie laut Datenschild bereits zehn Jahre alt war. Zuhause angekommen wurden alle für den CNC-Betrieb nicht benötigten Anbauteile abmontiert – viel ist eigentlich nicht mehr übrig geblieben. Obwohl die Maschine rein für den CNC-Betrieb vorgesehen war und eigentlich nicht mehr zurückgebaut wird, wurden die abmontierten Teile sorgfältig gesammelt und eingelagert. Der Verkauf der nicht benötigten Teile hätte vielleicht ein paar Euro wieder zurück in die Hobbykasse gespült, aber man weiß ja nie ...

## Der Umbau beginnt

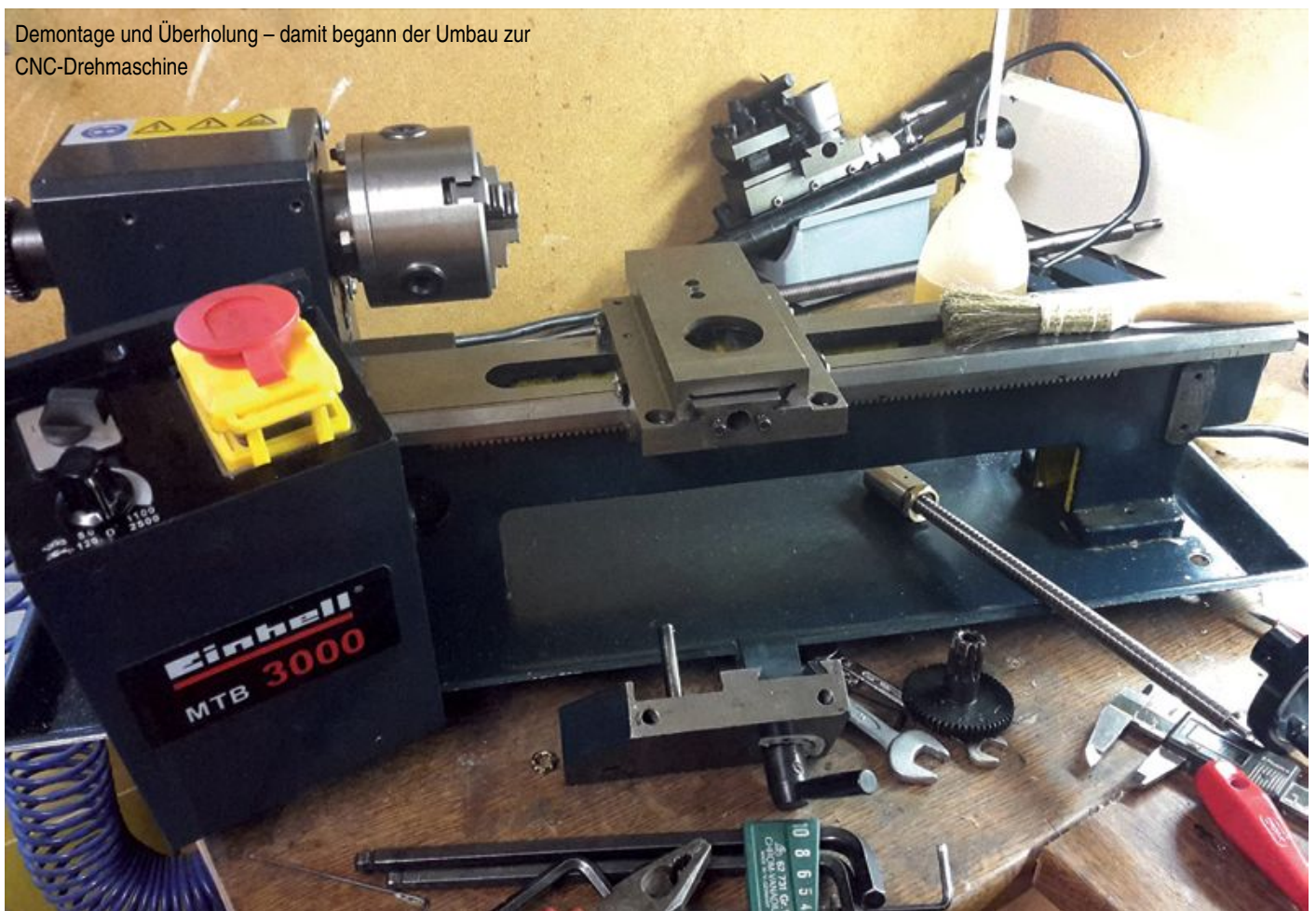
Die Maschine wurde nun sorgfältig gereinigt und das an einigen Stellen noch vorhandene Schutzfett, welches bei der Auslieferung auf den Maschinen großzügig verteilt wurde,

entfernt. Anschließend wurden alle Teile neu eingeölt.

Beide Achsen sollten auf spielfreie Kugelumlaufspindeln umgerüstet werden. Glücklicherweise hatte ich noch passende Spindeln im Fundus liegen, die mit ein paar Handgriffen verbaut werden konnten. Ein besonders großer Dank gilt wie so oft meinem Modellbaukollegen Martin, meinem Retter! Die Spindel der Z-Achse erwies sich als zu kurz und musste mit einer Welle und passend gedrehter Buchse verlängert werden. Alle Teile wurden mit Loctite großflächig verklebt, nachdem sie peinlich genau gesäubert wurden – das hält.

Nachdem die entsprechenden Maße abgenommen wurden, konnten die Befestigungsplatten der Motoren im CAD gezeichnet werden. Anschließend wurden diese aus 5-mm-Aluminium ausgefräst und die beiden Motoren für X-Achse und Z-Achse verschraubt. Vor einigen Jahren hatte ich eine Portalfräse gebaut, die nach einem Umbau nie mehr in Betrieb genommen wurde. Die Fräse stand hier unbenutzt rum, also konnte ich zwei Motoren dort abbauen und samt Kupplung für die Drehmaschine nutzen. Die Motoren haben 4 A bei 2 Nm, das sollte reichen. Einzig eine 10-mm-Kupplung passte nicht auf die 6-mm-Welle, aber eine provi-

Demontage und Überholung – damit begann der Umbau zur CNC-Drehmaschine







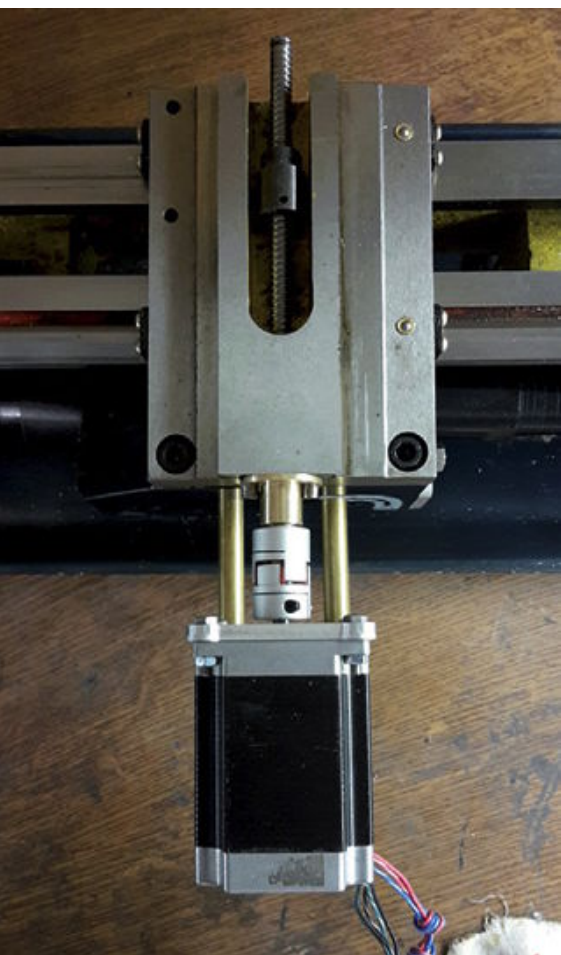
Die Spindel der Z-Achse musste verlängert werden, da die vorrätige nicht das korrekte Maß hatte

sorisch passende Distanzhülse war schnell gedreht. Ersatz für die verwendeten Kuppelungen und auch hochwertige Endschalter wurden gleichzeitig bestellt.

### Optimierungen

Nachdem auch beide Motoren angebaut waren, konnte das erste Mal Strom auf die

Die Achsen wurden auf spielfreie Kugelumlaufspindeln umgerüstet



Maschine gegeben werden. Ich hatte ursprünglich vor, der Drehbank eine eigene Schrittmotorkarte samt Trafo zu spendieren. Zu diesem Zweck hatte ich mir eine günstige 3-Kanal-Schrittmotorkarte aus China beschafft (die mir dann auch noch geschenkt wurde), ein 24-V-Trafo mit 8 A lag bei mir noch rum. Ich habe dann den halben Abend damit zugebracht, diese Karte ans Laufen zu bekommen. Irgendwie waren die Anschlüsse nicht ganz so identisch mit denen in der Dokumentation und der Lauf der Motoren war alles andere als sanft. Nicht so, wie die Motoren an meinem Fräsrechner, die werden mit richtig guten Gecko-Controllern angesteuert. Lange Rede, kurzer Sinn: die Karte wurde wieder abgebaut und entsorgt. Schade um die zur Herstellung benötigten

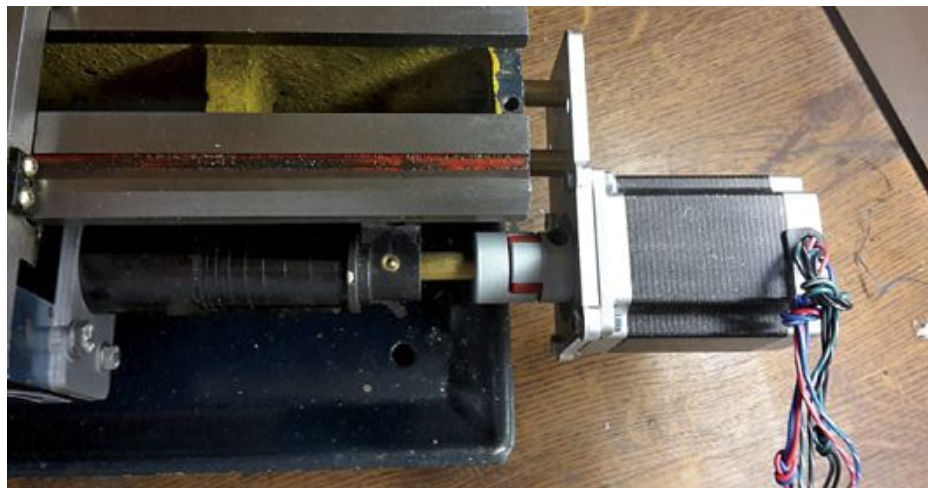
Ressourcen ... Ich habe dann die Motoren an meinen Fräsrechner angeschlossen und im LinuxCNC eine neue Konfiguration für die Drehmaschine erstellt. Da der (jetzt) Dreh-/Fräsrechner ja immer der gleiche ist, konnte ich aus einer bereits bestehenden Konfiguration die wichtigsten Parameter übernehmen und hatte schnell eine funktionsfähige Konfiguration für die Drehbank zusammengekllickt. Der Anschluss des Rechners an die jeweilige Maschine erfolgt durch eine 30-polige Messerleiste, ein Bauteil aus der Industrie mit belastbaren Steckkontakten. Über diesen Stecker laufen alle Schrittmotoren (maximal vier Stück) und die restlichen Leitungen des Parallelports, aber dazu später mehr.

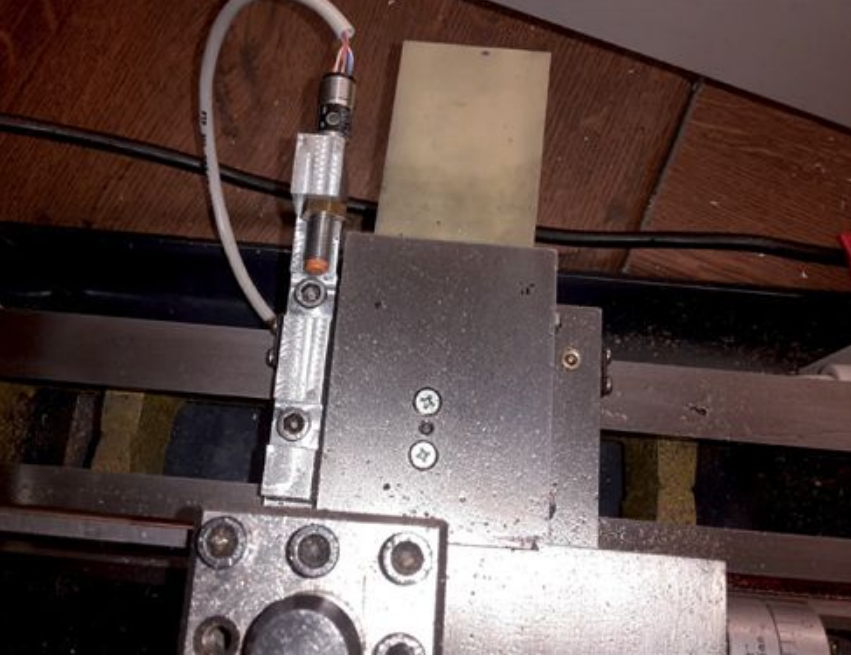
Nach wenigen Handgriffen liefen dann die beiden Motoren einwandfrei und ziemlich dynamisch.

In dem Zusammenhang wurde dann auch kurz und oberflächlich das Programm ausprobiert und ein einfaches Sehrohr für ein U-Boot mit wenigen Handgriffen mit der neuen Software gezeichnet. Dabei hat auch fast alles auf Anhieb geklappt. Beim Starten der G-Code Datei im LinuxCNC traten allerdings einige kleine Fehlerchen auf: Inkompatibilitäten vom nicht 100%ig passenden Postprozessor der RCLathe Software. Glücklicherweise betraf es nur Kopf und Fußzeilen, sodass hier schnell und problemlos korrigiert werden konnte. Und tatsächlich: alles funktionierte!

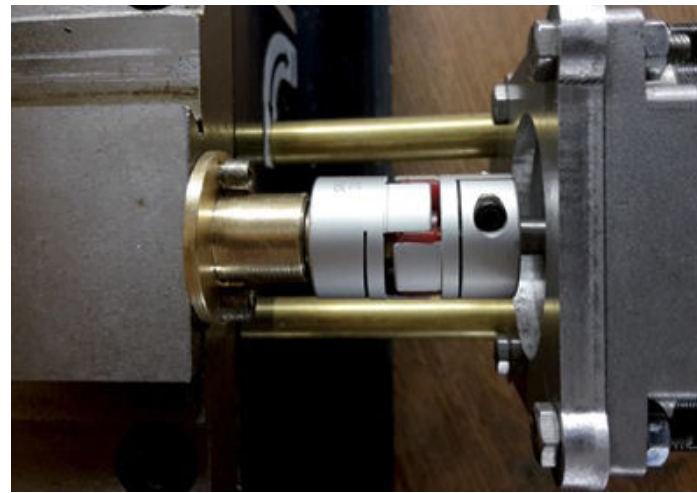
Leider war es nur ein Trockentest. Für die Komplettierung der X-Achse fehlte mir ein Teil, für das ich einen M15×1-Gewindeschneider benötigte, aber solch einen nirgends auf die Schnelle auftreiben konnte.

Die Befestigungsplatten für die Motoren wurden im CAD gezeichnet und aus 5-mm-Aluminium gefräst





Der induktive Näherungssensor an der X-Achse



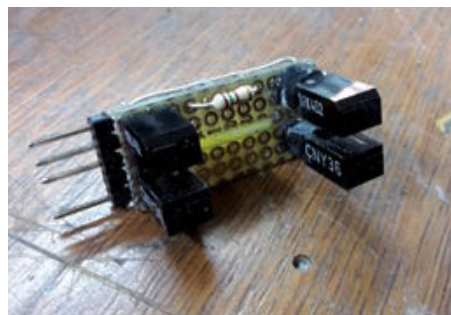
Eine der Kupplungen zwischen Schrittmotor und Kugelumlaufspindel

## Verkabelung

Die komplette Originalelektronik der Drehbank ist in einem zweiteiligen Kunststoffgehäuse auf der linken Seite der Maschine untergebracht, welches einfach demontiert werden kann. Es stellte sich bei näherer Betrachtung heraus, dass der originale Notaus-schalter elektrisch entfernt werden musste, da er mit 230-V-funktionierte und der Einschalter ohne Spannung heraussprang. Somit leider nicht geeignet für einen automatischen Betrieb. Als Nächstes wurde die Drehzahlstellung in Angriff genommen. Ziel war es, die Drehzahl vom Rechner aus einzuschalten und vorzugeben. Das Einschalten wurde bereits vom Dreh-/Fräsrechner vorgenommen, der zu diesem Zweck ein eingebautes Relais besitzt, welches von der Software angesteuert werden kann. Für die Drehzahlsteuerung musste ein wenig gebastelt werden. Hierzu wurde zuerst einmal die Spannung über dem Poti gemessen. Diese lag bei 12-Volt-Gleichspannung, sehr gute Voraussetzungen! Mit einem freien Ausgangskanal am Parallelport des Rechners wurde ein Optokoppler angesteuert und das Signal mit einem PWM-Signal softwaremäßig verknüpft. Heißt, wenn ich das Programm starte und den Motor über die Tastatur einschalte, dann kann ich mit zwei Tasten die Drehzahl rauf- und runterfahren. Die Ausgangsseite des Optokopplers konnte nun zusammen mit einem experimentell ermittelten Widerstand den Schleifer des Potis ersetzen, welcher zuvor abgelötet wurde. Nach kurzer Zeit konnten mit ein wenig rumprobieren alle notwendigen Parameter gefunden werden und nun ließ sich auch der Motor stufenlos regeln. Bis hierhin noch ohne Rückmeldung, aber immerhin.

Mein Rundruf nach diesem M15×1-Gewindeschneider hatte inzwischen auch gefruchtet. Zwar hatte ein guter Freund mir den bestellt, aber er war noch nicht geliefert worden. Bei einem Dienstagstreffen bekam ich einen Gewindeschneider leihweise überlassen, sodass ich am nächsten Tag auch das fehlende Teil fertigstellen und somit die Drehbank mechanisch grob komplettieren konnte.

Als Nächstes wurde die Drehbank elektrisch weiter bearbeitet. Zuerst wurde seitlich hinter der Drehbank eine stabile Verteilerdose des Herstellers Hensel montiert. Hier kommt das Verbindungskabel zum Rechner an und wird auf die Schrittmotoren aufgeteilt. Die provisorische Optokopplerplatine wurde ins Elektronikgehäuse eingebaut und die fliegende Verdrahtung durch etwas Dauerhaftes ersetzt. Die beiden Endschränker der Z-Achse wurden montiert und die Verdrahtung zur Henseldose gezogen. Bei der Gelegenheit wurde der Fräs-/Drehrechner ausgangsseitig ein wenig überarbeitet. Da das Verbindungskabel außer den vier Schrittmotorendstufen auch noch Leitungen des Parallelports beinhaltet, gab es ab und zu schon mal Probleme,



Die Gabellichtschranken zum Erfassen der Informationen von der Indexierscheibe

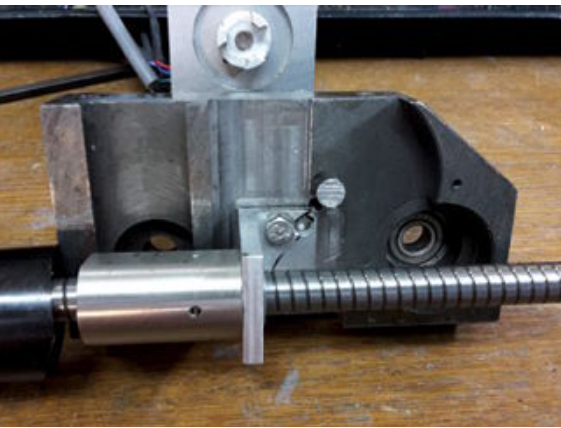


Für das Gewindedrehen wird eine solche Indexierscheibe benötigt

da der Rechner nicht startete und Ähnliches. Vermutlich Induktionen der kraftvollen Schrittmotorleitungen auf den doch recht schwächlichen Parallelport. Um das abzustellen, habe ich ein paar Optokoppler in den Rechner eingebaut und sie elektrisch zwischen Parallelport und 30poliger Messerleiste platziert. Nun können Induktionen nicht mehr rückwärts durch das Kabel auf den Parallelport gelangen, sondern enden am Optokoppler.

Fürs Gewindedrehen braucht man außer einem passenden Schneidstahl noch eine Information über die genaue Drehzahl und einen Impuls pro Umdrehung der Hauptspindel. Das wird mit einer runden Scheibe erreicht, auf der eine bestimmte Anzahl von Löchern (bei mir 60) kreisförmig angeordnet sind, die über Gabellichtschranken abgetastet werden. Eine zweite Gabellichtschranke ist für das sogenannte Indexloch zuständig, welches nur einmal vorhanden ist. Hierzu habe ich auf die Schnelle eine passende Zeichnung erstellt, aus 1,5-mm-GFK ausgefräst und auf die Hauptspindel montiert. Die beiden Gabellichtschranken sind auf eine kleine Platine gelötet und stabil mit dem Drehbankgehäuse





Um größere Teile drehen zu können, wurde die Kugelumlaufspindelmutter weiter nach innen verlegt – mit einigem Aufwand

verschraubt und ausgerichtet. Nun liefert die eine Gabellichtschranke 60 Impulse pro Umdrehung und die Zweite nur einen Impuls. Dieser wird später zum Synchronisieren der Hauptspindel mit der Z-Achse genutzt, damit im richtigen Moment die Achse vorgeschoben wird und der Schneidstahl immer an der gleichen Stelle ins Material greift.

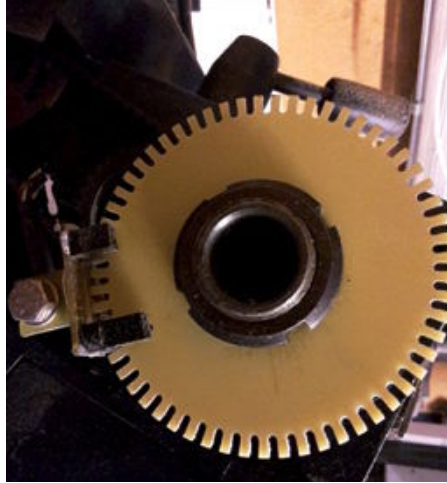
### Verbesserung der optischen Gabellichtschranken mit einer Komparatorschaltung

Da es immer wieder Probleme mit der Steigung beim Gewindeschneiden gab, machte ich mich auf der Suche nach der Ursache. Ein guter Freund gab mir den Tipp, das Signal der Gabellichtschranken durch den Einsatz eines Komparators aufzupeppen. Eine schnell zusammengestrickte Schaltung in fliegender Verdrahtung, basierend auf einem Artikel in der CNC IM MODELLBAU (Ausgabe 1/13, Seite 14) bestätigte seine Vermutung.

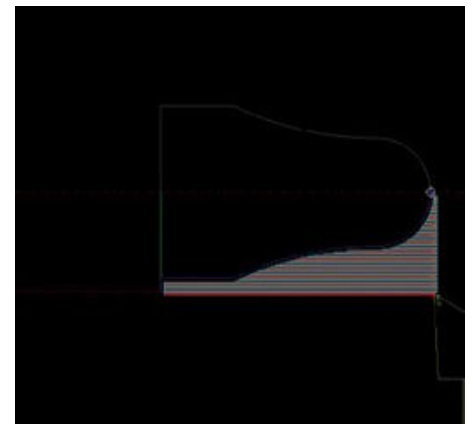
Das Signal des Fototransistors in der Gabellichtschranke war in der Tat nicht leistungsfähig genug, um stabile und zuverlässige Signale am Druckerport des Rechners zu erzeugen. Das führte zu den unbefriedigenden und nicht reproduzierbaren Ergebnissen beim Gewindeschneiden.

Ich will hier nicht weiter auf die Schaltung aus der CNC IM MODELLBAU eingehen, sie wird dort eingehend erläutert. In den Ausgangskreis der LED habe ich noch den Vorwiderstand angepasst und einen Optokoppler eingefügt, damit die Signale am Druckerport galvanisch von der Betriebsspannung der Schaltung getrennt sind.

Ich habe für diesen Bericht ein kleines Layout für die beiden Gabellichtschranken in



Indexierscheibe und Gabellichtschranken montiert



Das erste in RCLathe erstellte Teil



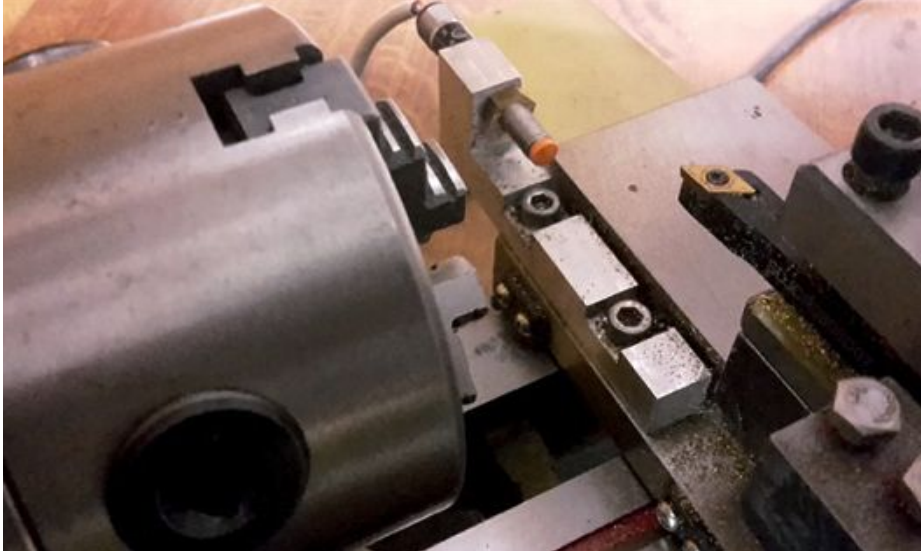
Dreheinsatz für größere Teile

meiner Drehbank entworfen, habe aber selbst immer noch den Prototypen auf Lochrasterkarte drin, der bis heute tadellos funktioniert.

### Die ersten Tests

Irgendwann war dann der letzte Draht verlötet und es konnte an den ersten richtigen Test gehen. Da die End- und Referenzschalter für die X-Achse noch nicht montiert waren, musste das Nullen manuell erfolgen. Dazu wurde ins Futter erst einmal ein Gravierstichel eingespannt, das rundeste und spitzeste, was ich in der Werkstatt gefunden habe. Der Seitendrehstahl wurde mit Fühlerlehren auf die richtige Höhe gebracht. Damit für den ersten Test nichts passieren kann, wurde erstmal ein Stück Besenstiel eingespannt und die Vorderseite geplant. Ich hatte auf die Schnelle im RCLathe ein Mensch-ärgere-dich-nicht-Männchen gezeichnet und auf den Dreh-/Fräsrechner gespielt. Dabei zeigte sich, dass LinuxCNC Durchmesser mit Radius verwechselte. Dazu hatte ich irgendwo mal was

gelesen und mit dem Befehl G7 konnte auch dieser Fehler ausgemerzt werden. Im Trockenlauf sah nun alles ganz gut aus, der Besenstiel konnte zerspannt werden. Als ich dann die Maschine das erste Mal „richtig“ einschaltete und anscheinend alles nach Wunsch abgefahren wurde, war ich schon ein bisschen stolz darauf. Und tatsächlich, das Programm wurde bis zum Schluss durchgeführt und nach wenigen Minuten konnte ich mein erstes Drehteil in den Händen halten. Das Einzige, was noch störte, waren die Stufen im Werkstück. Aber halt: da gab es doch was mit Schlichten und Schruppen ... Tatsächlich, der Teil mit dem Schlichten fehlte noch, also wieder mit Lesen probieren. Leider ist die RCLathe Software für meine Begriffe sehr schlecht dokumentiert. Es fehlt ein richtiges Handbuch, die magere Hilfedatei kann da nicht wirklich punkten. Absolute Anfänger wie ich, die sowas auch nie gelernt haben, finden nicht immer den richtigen Punkt, unter dem man suchen muss. Und suchen Sie mal



z.B. bei youtube nach rc-lathe ... Nachdem ich die Konfiguration einigermaßen mit der altbewährten Versuch-und-Fehler-Methode hinbekommen hatte und auch das richtige Makro herausgesucht hatte, konnte der erste Versuch beginnen. Leider gab es hier noch eine falsche Einstellung, die ich aber später mithilfe eines guten Freundes beheben konnte. Nun sahen die Drehteile auch so aus, wie sie sollten. Es folgten weitere Verbesserungen und Änderungen. Die beiden Endschalter der Z-Achse wurden wieder demontiert, da ich sie ohnehin nicht brauche. Stattdessen wurde ein stabiler Winkel angefertigt, der mit dem Querschlitten verschraubt wurde. An diesem Winkel wurden anfangs zwei Mikroschalter montiert, die die Referenzschalter für die X-Achse darstellten. Beide Schalter wurden parallel geschaltet, sodass immer einer garantiert betätigt wird. Später stellte sich aber heraus, dass beide Schalter niemals verlässlich zum gleichen Zeitpunkt schalten, also wurden sie wieder demontiert. Als Ersatz kam ein induktiver Näherungssensor zum Einsatz,

der auch gegen Späne etwas unempfindlicher ist. Nachteil ist der etwas erhöhte Verdrahtungsaufwand, ich musste einen weiteren Optokoppler einbauen, der die +12 V des Ausgangs in einen Open-Kollektor-Ausgang wandelt, um die empfindliche Druckschnittstelle anzusteuern. Der Schalter detektiert nicht die Spitze des Stahls selbst, sondern eine Kante des Querschlittens, der stark über die Mitte hinausgefahren werden muss, weil der Sensor so weit wie möglich aus der maximalen Reichweite des Drehfutters gebracht werden muss.

Nun mussten nur noch die Spitzen der Stähle auf gleiche Position in X gebracht werden. Zu diesem Zweck habe ich wieder den Stichel ins Drehfutter eingespannt und alle Stähle entsprechend ausgerichtet. In der LinuxCNC-Software wurde der entsprechende Eingang des Parallelports definiert. Nun konnte in der Konfiguration ein Offset eingetragen werden, der dafür sorgt, dass bei einer Referenzfahrt der Stahl nun gegen den induktiven Näherungsschalter fährt, ein paar



Zwei Teile für Torpedos – mit CNC-Hilfe gedreht



Von Hand lassen sich solche Teile mit verschiedenen Radien nur schwer drehen

Anzeige

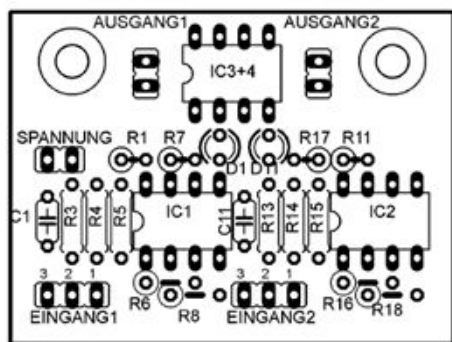
## Für alles, außer Gewöhnliches

### Die Maschine für kreative Modellbauer.

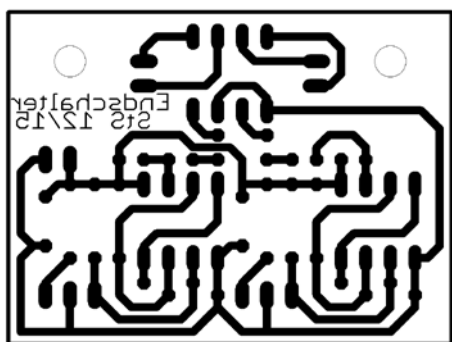
ab 699 €







Bestückung der Schaltung für die Gabellichtschranken



Layout der Schaltung für die Gabellichtschranken

Millimeter zurücksetzt, erneut, aber langsamer, gegen den Schalter fährt und dann um den Wert des Offsets in Richtung Drehfuttermitte fährt. Mit ein paar Versuchen fand sich auch schnell der richtige Wert des Offsets. Nun brauche ich nur den Schlitten außerhalb der Reichweite des Werkstücks zu fahren, eine Referenzfahrt anklicken und schon steht mein Drehstuhl genau in der Mitte des Drehteils bei X=0. Z wird manuell angefahren, das Werkstück herausgezogen, bis es am Stahl anliegt und schon ist auch die Z-Achse auf null. Der Drehspaß kann beginnen.

### Die ersten Teile

Tja, kaum ist die Drehbank einigermaßen fertiggestellt, da rollt auch schon der erste Non-Profit-Auftrag ran, den man nicht befriedigen kann. Schuld daran ist fehlende Länge in Z. Wie immer fehlen die berühmten paar Zentimeter, damit das Teil gedreht werden kann. Die beiden zu drehenden Teile sollten Torpedo Bug- und Heckstücke im Maßstab 1:12 darstellen und haben eine reine Länge von 73 mm und 150 mm. Letzteres war leider um 10 mm zu lang und der Sicherheitsabstand war da noch nicht mit drin.

Was tun? Nach kurzem Nachdenken wurde die Schlossplatte des Bettschlittens wieder demontiert und die vorher daran befestigte

KU-Mutter um gut 6 cm weiter nach innen gelegt. Dazu musste erst einmal Material aus der Schlossplatte weggefräst werden, um Platz für einen kleinen Winkel samt Auflagefläche zu schaffen. Schnell war das notwendige Material weggefräst und nach ein paar kleineren Korrekturen passte auch der Winkel samt KU-Mutter hinein. Ursprünglich wollte ich zwar alles eigentlich so weit wie möglich im originalen Zustand lassen, aber im Laufe der Umbauaktion stellte sich immer mehr heraus, dass die Drehmaschine so bleiben wird, wie sie jetzt war.

Für die Erstellung der Drehteile musste ich auch erstmal auf meiner großen Drehbank das Holz auf passende Abmessungen bringen. Leider fasst das Futter der Einhell maximal 32 mm Durchmesser, sodass an das rohe Stück Holz ein Flansch zum Einspannen gedreht werden musste. Natürlich alles sehr viel Aufwand, aber es half doch sehr, die Zusammenhänge besser zu verstehen. Immerhin war auch das hier alles Neuland für mich und ich bin fest der Meinung, dass CNC-Drehen wesentlich komplizierter und die Erstellung von Drehdaten deutlich umfangreicher ist als alles, was ich bisher beim Fräsen gemacht habe. Aber es macht sehr viel Spaß und ist ein komplexes Thema.

Im Laufe der Zeit werden sicherlich noch einige Verbesserungen und Veränderungen folgen. Denkbar wären ein automatischer

Werkzeugwechsler und eine Einhausung, damit die Späne ein wenig besser unter Kontrolle gehalten werden können. Zur Überprüfung und optischen Kontrolle des Drehvorgangs denke ich auch über den Einsatz einer Kamera nach, die direkt über dem Drehstuhl montiert wird. Dringend benötigt wird auch eine bessere Beleuchtung. Aber alles der Reihe nach ...

### Bauteile der Schaltung

Teil	Wert
C1	100n
C11	100n
D1	LED ge
D11	LED ge
IC1	LM393
IC2	LM393
IC3+4	2×PC817
R1	1k2
R3	330r
R4	2k
R5	1k2
R6	100K
R7	1k
R8	730R
R11	1k2
R13	330r
R14	2k
R15	1k2
R16	100K
R17	1k
R18	730R

# Der neue Bauplankatalog ist da!



## Bestellen Sie jetzt!

Nicht im regulären Zeitschriftenhandel erhältlich - Direkt-Bestellung über den Verlag



**BESTELLSERVICE Tel: 07221 - 5087 -22**

**Fax: -33, [service@vth.de](mailto:service@vth.de) • [www.shop.vth.de](http://www.shop.vth.de)**





## 20. Echtdampf-Hallentreffen in Karlsruhe **Dampf de luxe**

Vom 8. bis 10. Januar 2016 freuten sich ca. 20.000 Besucher über die Vielfalt bewegender Dampfmobilität im Modellmaßstab von anno dazumal. Mit viel Herzblut, Engagement und Humor zeigten die mehr als 700 Teilnehmer, Gastfahrer und Clubs an drei Messetagen ihrem Publikum, wie wunderbar fließend damals ein dampfbetriebenes Rad in das andere griff. Authentisch kostümierte Lok(omobil)fahrer, gut ausgestattete Hersteller und Händler, ein Top-Messteam und ein vergnügtes, fachkundiges Publikum waren Garant für ein gelungenes 20. Messejubiläum.

Es ist ein besonderes Hobby und ein besonders emotionales noch dazu. Denn die Zeiten, in denen die Dampfmobile die Welt verbanden, hatten ein ganz besonderes Flair. Detailverliebt, teils laut, mit dem Geruch von Kohle, Dampf und heißem Öl vermischt ließen die Teilnehmer diese Epoche wieder aufleben. Diese spezielle Atmosphäre begeistert jedes Jahr die Tüftler, Bastler und Sammler der Echtdampf-Szene, wenn in der Messe Karlsruhe auf 25.000 m<sup>2</sup> Fläche mehr als 1.000 dampfbetriebene Züge, Lokomobile, Dampfschiffe, Minitrucks und Spezialgefährte präsentiert werden.

### Kontakte knüpfen

In der großen Ausstellung in der dm-arena wird dabei gefachsimpelt, beraten, geschaut, diskutiert, gekauft und gefeiert. Auf den Podesten glänzen die technischen Prachtstücke und Raritäten. Außerdem wird dort unzähliges Zubehör dargeboten.

Das Gros des Profi-Publikums kam dazu wie immer aus dem Südwesten Deutschlands.

Doch auch die weitere Anreise aus Österreich, Frankreich, der Schweiz, Luxembourg, Mallorca und sogar Japan und Korea lohnte sich bei so viel Know-how wieder für die internationalen Messegäste.

Ein Mann der ersten Stunde auf dem Echtdampfevent der Messe Sinsheim ist Norbert Reichert von der Firma E. Zimmermann: „Seit 20 Jahren freuen wir uns darauf, immer im Januar unsere Kunden auf dem Echtdampf-Hallentreffen zu unseren kohlegefeuerten Dampflokomotiven und Dampftraktoren sowie zum Gleisprogramm und dem vielfältigen Zubehör zu beraten. Es ist für uns sehr wichtig, langjährige Kunden hier persönlich zu treffen und sich in diesem speziellen Ambiente fachlich auszutauschen. Neue Kunden bekommen hier außerdem ein Gesicht, wir lernen sie unmittelbar kennen und bauen die Beziehung aus. Das gilt auch besonders für unsere internationalen Kontakte. So nehmen wir z.B. für die Dampfbahnfans aus Frankreich unsere Französisch sprechende Expertin mit auf die Messe.“





Die Lokomobile sammeln sich zur Dampfparade

## Eisenbahn extrem

In der an die dm-arena angrenzenden Halle 3 geht es in die Praxis. Auf der weltweit größten begehbaren 5-Zoll-Gleisanlage mit mehr als 5.000 m Gleislänge dampfen die Bahnen durch dichte Wälder, historische Bahnhofe, vorbei an knisternden Lagerfeuern, urigen Kneipen, belebten Marktplätzen u.v.m. Ganz zur Freude der kleinen und großen Besucher, die den ganzen Messetag über einsteigen und mitfahren dürfen. So lässt sich auch der ein oder andere Dreikäsehoch nicht davon abbringen, dem Lokführer beim Abladen der Holzstämme der Waldbahn zu helfen. Ein Spaß für die ganze Familie!



In Reih und Glied geht es anschließend durch die Messehallen



Ganze Modellwelten laden ein zum stundenlangem Verweilen und Schwelgen in Details



Auch für den Nachwuchs gibt es unzählige raffinierte Konstruktionen zu entdecken



Keine Frage: im Mittelpunkt stehen die einmaligen Modelle



Ein Publikumsmagnet sondergleichen. Die Mitfahrgelegenheiten auf den Dampfzügen werden mit größtem Vergnügen genutzt



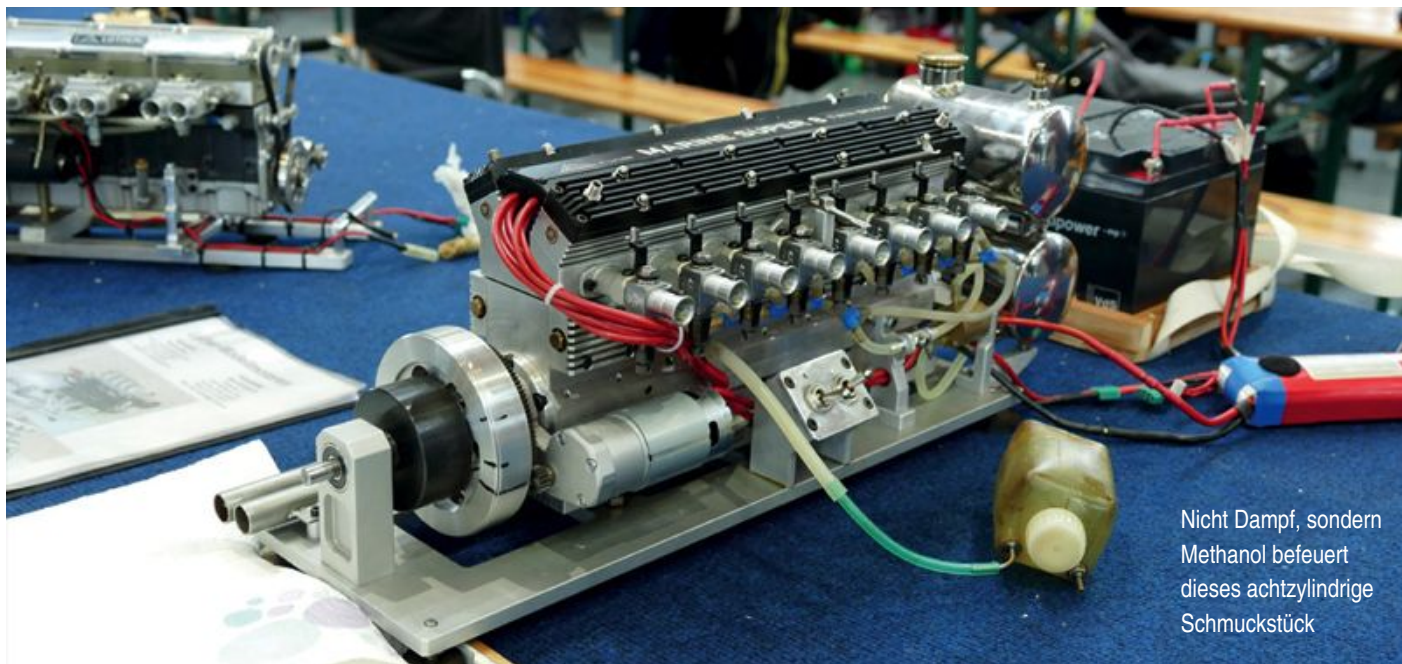


Die Dampfschiff-Modellbauer sind ebenfalls vertreten. Das spannende Ballonstechen macht den Teilnehmern und dem Publikum Spaß

### Ein hautnahes Erlebnis

Absolutes Highlight für alle Besucher, Fachpublikum wie Familien waren wieder die Paraden der Lokomobile. Ohne Schirm, jedoch mit viel Charme sowie Zylinder und Melone sind die kostümierten Fahrer und ihre einzigartigen Dampfautos eine Augenweide, wenn sie den langen Messegang entlang tuckern. In Reih und Glied nehmen sie Aufstellung und lassen schließlich eine Dampfglocken-Sinfonie vom Allerfeinsten erklingen. Alle Jahre wieder fantastisch!

Fast schon gespenstisch wurde es zum Nachtfahren, das in diesem Jahr wieder publikumssoffen stattfand. Durch Nebelschwaden geisterten die Lichter der Züge, Lokomobile und Minitrucks, besonders für die mitfahrenden Kids und Jugendlichen ein unvergessliches Erlebnis.



Nicht Dampf, sondern Methanol befeuert dieses achtzylindrige Schmuckstück



Von Anfang an beim Echtdampf-Treffen mit dabei: die Firma E. Zimmermann mit ihren Dampflok





## Das nächste Mal in Köln

Andreas Wittur, Geschäftsführer der Messe Sinsheim und Organisator des Echtdampf-Hallentreffens, resümiert: „Beim allerersten Echtdampf-Hallentreffen hatten wir lediglich 91 Teilnehmer, heute zum 20. Jubiläum zählen wir 721 beherzt mitwirkende Dampfmodellbauer. Die Echtdampf-Szene ist ein hochinteressanter, internationaler Nischenmarkt. Wir blicken sehr zufrieden auf die beiden Jahrzehnte und ganz besonders auf unsere Jubiläumsveranstaltung zurück.“

Das nächste Echtdampf-Hallentreffen findet vom 17. bis 20. November 2016 anlässlich der Internationalen Modellbahnausstellung (IMA) in Köln statt.

◀ Neben Motoren und Dampfmaschinen gibt es jede Menge mechanische Meisterwerke zu sehen



Die MASCHINEN IM MODELLBAU war natürlich auch mit einem Stand in Karlsruhe. Herzlichen Dank für Ihre zahlreichen Besuche! ▼

Die Truckmodellbauer gehören dazu. Sie beleben mit ihren Modellen und Gebäuden die Flächen zwischen den Gleisen in Halle 3





# Modellbau-Bibliothek



## Das große Lötbuch

Löten in der Praxis von A bis Z

Thomas Riegler beschreibt in diesem Buch die verschiedenen Löttechniken, gibt Tipps, welches Gerät für welchen Einsatz das richtige ist und vermittelt anschaulich die Praxis des Lötens. Ob im Hobby oder Beruf – wer mit dem Löten in der Elektronik zu tun hat, bekommt in diesem Buch die Informationen, die er benötigt.

Umfang: 208 Seiten • Best.-Nr.: 310 2254 • Preis: 27,80 €



Dieter Miedek

Umfang: 240 Seiten

Best.-Nr.: 310 2183 • Preis: 29,80 €



Dieter Miedek

Umfang: 148 Seiten

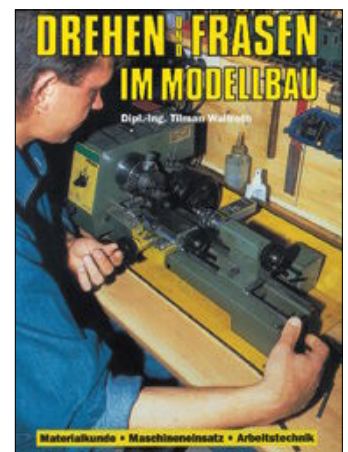
Best.-Nr.: 310 2222 • Preis: 22,80 €



Hans-Jürgen Humbert

Umfang: 160 Seiten

Best.-Nr.: 310 2172 • Preis: 21,00 €



Tilman Wallroth

Umfang: 528 Seiten

Best.-Nr.: 310 2037 • Preis: 34,50 €



Jürgen Eichardt

Umfang: 224 Seiten

Best.-Nr.: 310 2229 • Preis: 22,50 €



Christoph Selig

Umfang: 152 Seiten

Bestl.-Nr.: 310 2166 • Preis: 19,80 €



Christoph Selig

Umfang: 136 Seiten

Best.-Nr.: 310 2192 • Preis: 19,80 €



Heinz Strauß

Umfang: 152 Seiten

Best.-Nr.: 310 2220 • Preis: 19,90 €

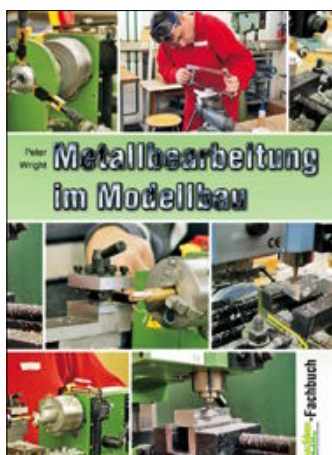


**Hard-  
cover**

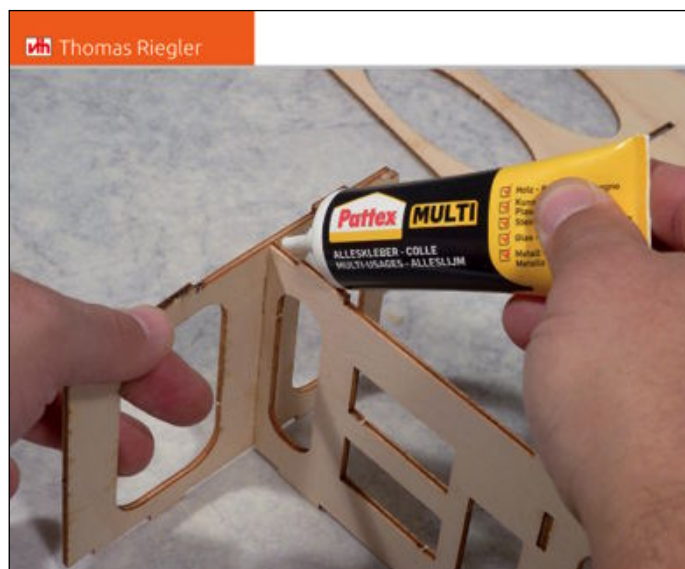
Uhrenbau  
Ein Werkbuch



Peter Held  
Umfang: 222 Seiten  
Best.-Nr.: 610 8006 • Preis: 58,90 €



Peter Wright  
Umfang: 432 Seiten  
Best.-Nr.: 310 2145 • Preis: 29,00 €



## Das Klebstoffbuch

Einfach alles kleben



### Das Klebstoffbuch

Einfach alles kleben

Nach der Lektüre dieses Buches blicken Sie im „Klebstoffdschungel“ besser durch und wissen, was Sie wie zu verkleben haben. Der Autor zeigt, welche Klebstoffe es gibt und wofür sie einzusetzen sind. Sie erfahren, was es zu bedenken gibt und erhalten Tipps, wie eine Verklebung erfolgreich durchzuführen ist.

Umfang: 160 Seiten • Best.-Nr.: 3102252 • Preis: 24,80 €



Jürgen Eichardt  
Umfang: 136 Seiten  
Best.-Nr.: 310 2099 • Preis: 14,80 €



Heinz Straub  
Umfang: 176 Seiten  
Best.-Nr.: 310 2226 • Preis: 19,90 €



Jürgen Eichardt  
Umfang: 192 Seiten  
Best.-Nr.: 310 2113 • Preis: 19,00 €



Jürgen Eichardt  
Umfang: 144 Seiten  
Best.-Nr.: 310 2114 • Preis: 17,00 €



Andreas Schaller  
Umfang: 144 Seiten  
Best.-Nr.: 310 2195 • Preis: 19,80 €



Dr. A. Bachmann/W. Baumgartner  
Umfang: 164 Seiten  
Best.-Nr.: 310 2078 • Preis: 16,30 €

... viele weitere Bücher, Baupläne, Frästeile & Zubehör im Shop unter: [shop.vth.de](http://shop.vth.de)



**BESTELLSERVICE Tel: 07221 - 5087 -22**  
**Fax: -33, [service@vth.de](mailto:service@vth.de) • [www.shop.vth.de](http://www.shop.vth.de)**



# Flüssiggas Füllventil

## ...selbstgebaut

Umgebautes Ventil

Original Autoreifen Ventil

Umgebautes Ventil

### Karl Lang

Aufgrund einiger Anfragen von Modellbauern habe ich ein einfaches „Gas-Ladegerät“ entworfen und selbst gebaut. Dieses Flüssiggas-Füllventil möchte ich Ihnen in diesem kleinen Beitrag vorstellen.



Eine handelsübliche Gasspenderkartusche liefert die Energie

An die Gasspenderkartusche wird ein preiswerter Campingkocher angeschlossen; das Füllventil sitzt dazwischen



Das Füllventil (links) hat am abgedrehten Ende ein M6x0,75-mm-Gewinde erhalten, auf das gekürzte Luftmischstück wurde die Schlauchdille gelötet (rechts)

Der Pumpenschlauch braucht mit seinem Ventilanschluss nur noch aufgesteckt zu werden

Der Gastank für die Befeuerung einer Dampfmaschinenanlage wird mit einem Nippel in der Größe M6x0,75 mm versehen und ein Füllventil eingeschraubt. Das Füllventil wird wie folgt gebaut: Wir benötigen ein Autoreifen-Luftventil, drehen den Dichtbund ab und schneiden ein M6x0,75-mm-Gewinde auf die abgedrehte Seite. Für den Anschluss an die Gasspenderkartusche eignet sich ein preiswerter Campingkocher. Hier die Brennerrose abschrauben, das Luftmischstück kürzen und andrehen, die Schlauchdille hart auflöten und den Pumpenschlauch mit Ventilanschluss aufstecken – schon ist der Gasspender-Teil fertig.

Für das Ventil habe ich 4,00 €, für den Kocher ca. 8,00 € bezahlt. Ich wünsche allen, die das Füllventil nachbauen wollen, gutes Gelingen.



Das Luftmischstück mit der aufgelöteten Schlauchdille wird wieder auf die Kartusche geschraubt



Anzeige

**modellbau**  
**WELS** Faszination  
Modellsport & AirShow

**8. - 10. April 16**

- Informieren - Kaufen - Erleben
- Österreichs größte Echtdampfanlage
- Dampfschiffe & -traktoren, stationäre Maschinen
- Noch mehr Exponate als im Vorjahr



Messe Wels



Modellbau Wels

**Österreichs Nr.1**



Günstiges Print@Home Ticket unter [modellbau-wels.at/vorverkauf](http://modellbau-wels.at/vorverkauf) erhältlich





# SAIL BREMERHAVEN

# Dampftechnik und

## Klaus-Uwe Hölscher

Bremerhaven ist eine der jüngsten Städte in Deutschland. Die 60 Kilometer entfernte Hansestadt Bremen brauchte einen neuen Hafen, da die Weser versandete. Außerdem hatte der Senat Ärger mit den Oldenburger Nachbarn, die Zölle erhoben und sich bemühten, den Überseehandel in ihre Hafenplätze, vor allem nach Brake an der Unterweser, zu ziehen. Deshalb kaufte der Bremer Bürgermeister Johann Smidt (1773 – 1857) den Hannoveranern im Jahre 1827 für genau 73.658 Thaler, 17 Groschen und 1 Pfennig ein Stück Land zwischen der Wesermündung und dem Flüsschen Geeste ab.

So kam es zur Gründung des neuen „Bremer Haven“, der schnell durch den europäischen sowie den überseeischen Handel mit dem jungen Amerika und das Geschäft mit den Auswanderern wuchs. Das Deutsche Auswandererhaus an der Columbusstraße in Bremerhaven nimmt seine Besucher mit auf eine Zeitreise und zeigt vor eindrucksvollen Kulissen die mühsame und gefährvolle Überfahrt in die Neue Welt oder den beschwerlichen Weg nach Deutschland. Datenbanken ermöglichen die Recherche nach eigenen ausgewanderten Vorfahren.

Von der 1927 gebauten Columbuskaje verkehrten noch in den 1960er Jahren die letzten regelmäßigen Passagier- und Auswandererdampfer über den Atlantik. Heute legen an der modernisierten Fahrgastanlage Kreuzfahrtschiffe an. Vor der öffentlich zugänglichen Besuchergalerie ist ein Blick auf Kaje, Schiffe und die Außenweser lohnend. Die Anlage ist nicht nach dem berühmten italienischen Kapitän in spanischen Diensten

benannt, sondern nach dem Schnelldampfer „Columbus“ des Norddeutschen Lloyd, dem Pendant zur Hapag in Hamburg.

Nach dem Zweiten Weltkrieg war die Columbuskaje zentraler Anlaufpunkt für die amerikanischen Truppen. Auch der Soldat Elvis Presley betrat hier erstmals deutschen Boden. In den Reparaturdocks der Lloyd-Werft wurde in den 1980er Jahren für die englische Cunard-Linie das damals größte Kreuzfahrtschiff der Welt, die „Queen Elizabeth II“, umgebaut. Das Container-Terminal ist heute das Herzstück der Bremerhavener Wirtschaft. Mit einem Umschlag von über 50 Millionen Tonnen Waren zählt Bremerhaven zu den großen Häfen der Welt. Ein weiteres wichtiges Standbein ist der Automobilumschlag. Mehr als eine Millionen Fahrzeuge werden pro Jahr ex- und importiert.

## 260 Schiffe aus 20 Nationen

Vom 12. bis 16. August 2015 fand zum neunten Mal die Sail Bremerhaven, ein internati-



Masten, soweit das Auge reicht. Reger Besucherandrang am Kai in den Havenwelten



# Windjammer

onales Festival der Windjammer, statt. Mehr als 260 Schiffe aus über 20 Nationen hatten sich angemeldet. Die Bandbreite reichte von Repliken historischer Expeditions-, Handels- und Kriegsschiffe bis zu klassischen Rahseglern. Zu Gast waren die russischen Viermast-Barken „Sedov“ (1921) und „Kruzenshtern“

(1926) und das polnische Vollschiß „Dar Młodzieży“ (1981) sowie die „Esmeralda“ (1952) aus Chile, die zum ersten Mal zur Sail Bremerhaven reiste. Die Bremerhavener Bark „Alexander von Humboldt II“ (2008) bildete das Flaggschiff der Sail. Es führte die große Einlaufparade am Eröffnungstag an, bei der

Bundespräsident Joachim Gauck alle Gäste begrüßte: „Im Norden bin ich in meinem Element.“ Als Küstenmensch gehe ihm das Herz auf, gestand der 75-jährige, dessen Heimat die Hansestadt Rostock und die Ostsee ist. Bei so viel maritimem Flair fühle er sich als Hanseat auch in Bremerhaven zu Hause. An Bord des knapp 30 Meter langen Traditionsseglers „Grönland“ nahm der Bundespräsident die kilometerlange Windjammer-Parade auf der Weser ab.

Für den Tourismus war das fünftägige Windjammer-Festival ein echtes Highlight.

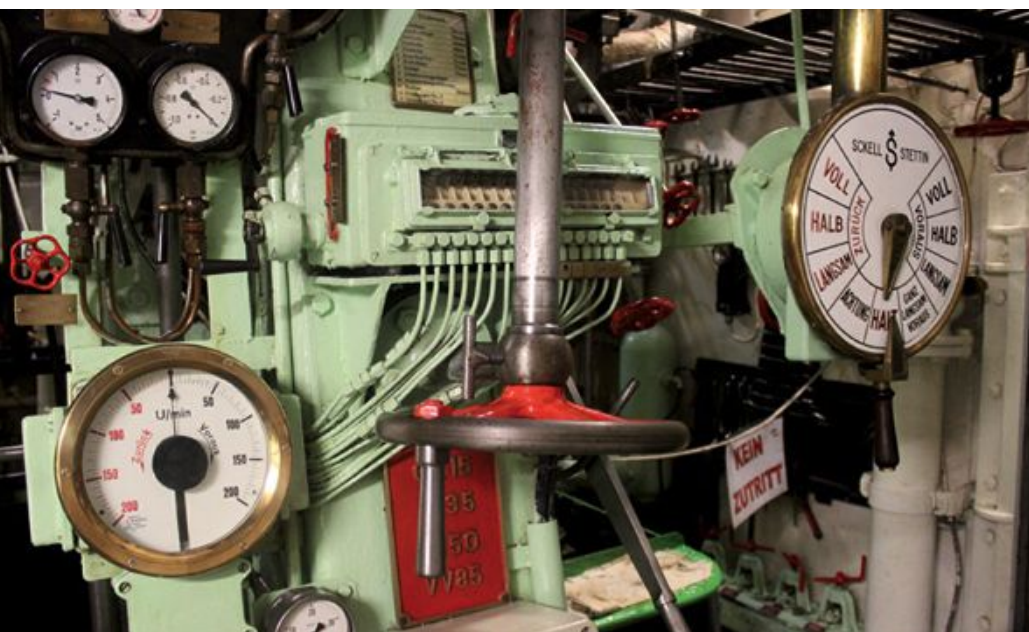


Dampfeisbrecher „Wal“ und Dampfspritze aus Salzbergen

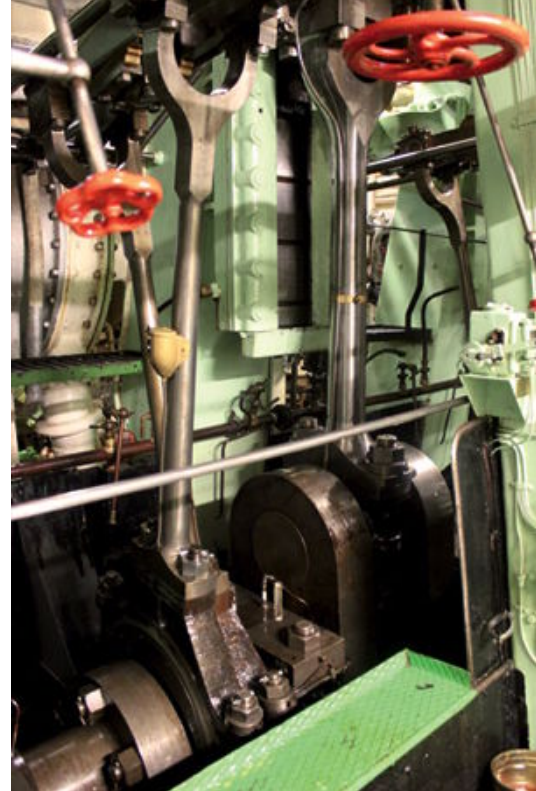


Die Mannschaft der Dampfspritze aus dem Feuerwehrmuseum Salzbergen





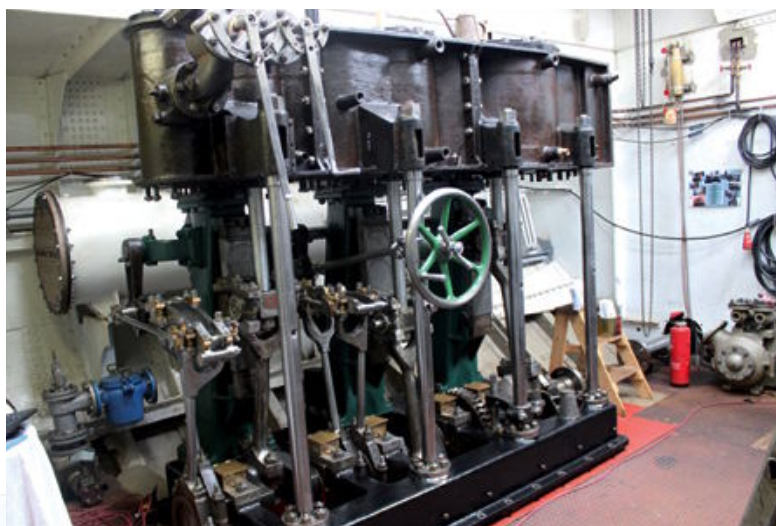
Drehzahlmesser und Bedienstand der „Wal“



Dreifachexpansions-Dampfmaschine der „Wal“



Der ölbefeuerte Kessel der „Wal“



300-PS-Dampfmaschine der „Welle“

Die Dampfspritze aus Salzbergen in Aktion. Dahinter der Dampfer „Welle“



Nach Auskunft eines Branchenvertreters waren die Unterkünfte in Bremerhaven und Umgebung bereits seit eineinhalb Jahren ausgebucht. Insgesamt wurden über eine Million Besucher erwartet. Viele Schiffe fuhren anschließend weiter zur nächsten Sail nach Amsterdam.

### „Wal“ im Fischereihafen

Das Schaufenster Fischereihafen als Partner von Sail Bremerhaven präsentierte außer dem Open Ship auch die Veranstaltung Dampf&Sail. Außerdem fand die Mini-Sail, das Treffen der Schiffsmodellbauer aus ganz Deutschland statt. Insgesamt wurden den Besuchern über 100 Veranstaltungen geboten, eine besondere Attraktion war das große Höhenfeuerwerk auf der Weser am 15. August 2015.



Neben den natürlich dominierenden Windjammern soll unser Interesse den Dampfschiffen gelten, die an der Sail Bremerhaven 2015 teilnahmen. Der Dampfseibecher „Wal“ hatte gewissermaßen ein Heimspiel, da er in Bremerhaven stationiert ist. Das fast 50 Meter lange Schiff wurde 1938 von den Stettiner Oderwerken gebaut. Seine Aufgabe waren Eisbrechdienste auf dem Nord-Ostsee-Kanal. Mehr als 50 Jahre lang war der „Wal“ beim Wasserstraßen-Maschinenamt in Rendsburg im Einsatz. Zuletzt wurde er aber immer seltener eingesetzt, weil wenig Eis zu brechen war und der ölbefeuerte Dampfer zu viel Energie benötigte, um rentabel betrieben zu werden.

Seit dem Sommer 1990 hat der betagte Dampfer ein neues Leben in Bremerhaven begonnen. Er wird von einer ehrenamtlichen Crew gepflegt und als aktives Museumsschiff gefahren. Auf kurzen oder längeren Törns können Passagiere miterleben, was ein altes Dampfschiff mit seiner reizvollen Ausstattung zu bieten hat. Besonders sehenswert ist die Dreifach-Expansions-Dampfmaschine mit einer Leistung von 880 kW (1.200 PS), die den Propeller im Heck antreibt, der mit seinen vier Flügeln einen Durchmesser von vier Metern hat und 6,2 t wiegt. Während ursprünglich der Heizer kräftig Kohle schippen musste, wurde 1964 die Kesselanlage auf Ölbefuerung umgestellt.

## Dampfer „Welle“

Unmittelbar hinter dem „Wal“ hatte der Dampfer „Welle“ festgemacht. Im Jahre 1914 beschloss das Bremer „Bauamt für die Weserkorrektur“, einen neuen Bereisungsdampfer bauen zu lassen. Von den eingereichten Angeboten erhielten die Bremer Atlas-Werke den Zuschlag. Im August 1915 erfolgte der Stapellauf und die „Welle“ wurde in Bremerhaven in Dienst gestellt. Im August 1916 gab die „Welle“ dem aus Baltimore zurückkehrenden Handels-U-Boot „Deutschland“ nach Bremen Geleit. Bis 1939 versah das Dampfschiff Bereisungs- und Schleppfahrten und fungierte in strengen Wintern als Hilfseisbrecher. Im Zweiten Weltkrieg war die „Welle“ zeitweise der Kriegsmarine in Emden und Wilhelmshaven zugeteilt. Im Jahre 1975 wurde das nicht mehr zeitgemäße Schiff außer Dienst gestellt. Anschließend wurde es von einem Gastronomen aufgekauft und zu einer Gaststätte umgebaut. Das Schiff bekam dann einen Liegeplatz an der Schlachte in Bremen.

Nach zwei Bränden 1984 und 1986 sinkt die „Welle“ schließlich 1994 an ihrem Liegeplatz. Da das Schiff in die Fahrrinne abzurutschen droht, erfolgt die Bergung und es wird in den Bauhof des Wasser- und Schifffahrtsamtes geschleppt. Ab 2000 erfolgen umfangreiche Restaurierungsarbeiten, nachdem der Schwimmkran „Enak“ die „Welle“ an Land gesetzt hat. Ein neuer gespendeter Dampfkessel wird eingebaut und schließlich kann das Schiff an der Sail 2010 teilnehmen. Die Mitglieder des Vereins „Dampfer Welle e.V.“ engagieren sich ehrenamtlich und verschiedene Institutionen finanzieren das Projekt, das Langzeitarbeitslosen eine neue Perspektive im Arbeitsleben bieten soll. Herr Fulda von der Besatzung zeigte dem Verfasser u.a. den Maschinenraum, in dem die zweite Dampfmaschine installiert werden soll.

Ein abfahrbereiter Dampftraktor



## Dampfspritze aus Salzbergen

Die Vorführungen im Fischereihafen waren für Freunde historischer Dampftechnik besonders attraktiv, da auch drei kleine Dampfbarkassen zu besichtigen waren: die „HeiHoo“, die „Fritz“ und die „Iris“ luden zu kleinen Rundfahrten unter Dampf ein. Besonders viel Publikumsinteresse konnte die Dampfspritze, Baujahr 1901, aus dem Feuerwehrmuseum Salzbergen (LK Emsland) auf sich lenken. Mehrere Feuerwehrmänner in historischen Uniformen bedienten die Spritze, die ordentlich Dampf machte und mit leisem Lauf einen kräftigen Wasserstrahl ins Hafenbecken spritzte. Nach einer Kesseldruckprobe, die als TÜV-Untersuchung durchgeführt wird, ist die Dampfspritze für Vorführungen zugelassen und betriebsbereit.

## Technische Daten

	Dampfschiff „Wal“	Dampfschiff „Welle“
<b>Bauwerft</b>	Stettiner Oderwerke	Atlas Werke Bremen
<b>Baujahr</b>	1938	1914/15
<b>Baunummer</b>	800	130
<b>Gesamtlänge</b>	49,96 m	37,36 m
<b>Gesamtbreite</b>	12,30 m	7,20 m
<b>Tiefgang</b>	5,25 m	2,90 m
<b>Antrieb</b>	1 Dreifachexpansions-Dm; Stephenson-Kulissensteuerung	2 Dreifachexpansions-Dm; Stephenson-Steuerung
<b>Leistung</b>	200 PS	2× 300 PS
<b>Geschwindigkeit</b>	10 Knoten	12 Knoten



## Straßendampf

Viel Beachtung erfuhren auch die ungefähr fünfzehn Straßendampfmaschinen, die am Kai des Fischereihafens ihre Runden drehen. Es war gar nicht möglich, alle Fahrzeuge, ihre Besitzer und technische Daten zu notieren. Hier nur eine kleine Auswahl: eine Dampfwalze, Firma Ruthemeyer – Soest, Baujahr 1941 und die Dampfzuglokomobile „Lena“,

Baujahr 1905 mit englischer Wallis-Maschine. Ein Dampftraktor im Maßstab 1:4 hat seinen Besitzer rund 9 000 Arbeitsstunden gekostet, um alle Details sach- und funktionsgerecht anzufertigen. Auch der Vergnügungsdampftraktor „Feflo“ (benannt nach den Erstsilben der beiden Söhne Felix und Florian des Besitzers) bot Rundfahrten mit Anhänger an. Dieses Dampftraktor-Modell im Maßstab 1:2 ist seit



Fabrikschild am Dampftraktor „Lene“, Baujahr 1905



„Feflo“ – der Dampftraktor von Busso Hennecke

9.000 Arbeitsstunden stecken in diesem 1:4-Modell



Ein mächtiges Gefährt: Dampftraktor „Minneapolis“



Schönes Duo: Dampfzuglokomobile

über 27 Jahren im Einsatz und gehört dem Dampfpan Busso Hennecke aus Düsseldorf.

## Internationales Flair

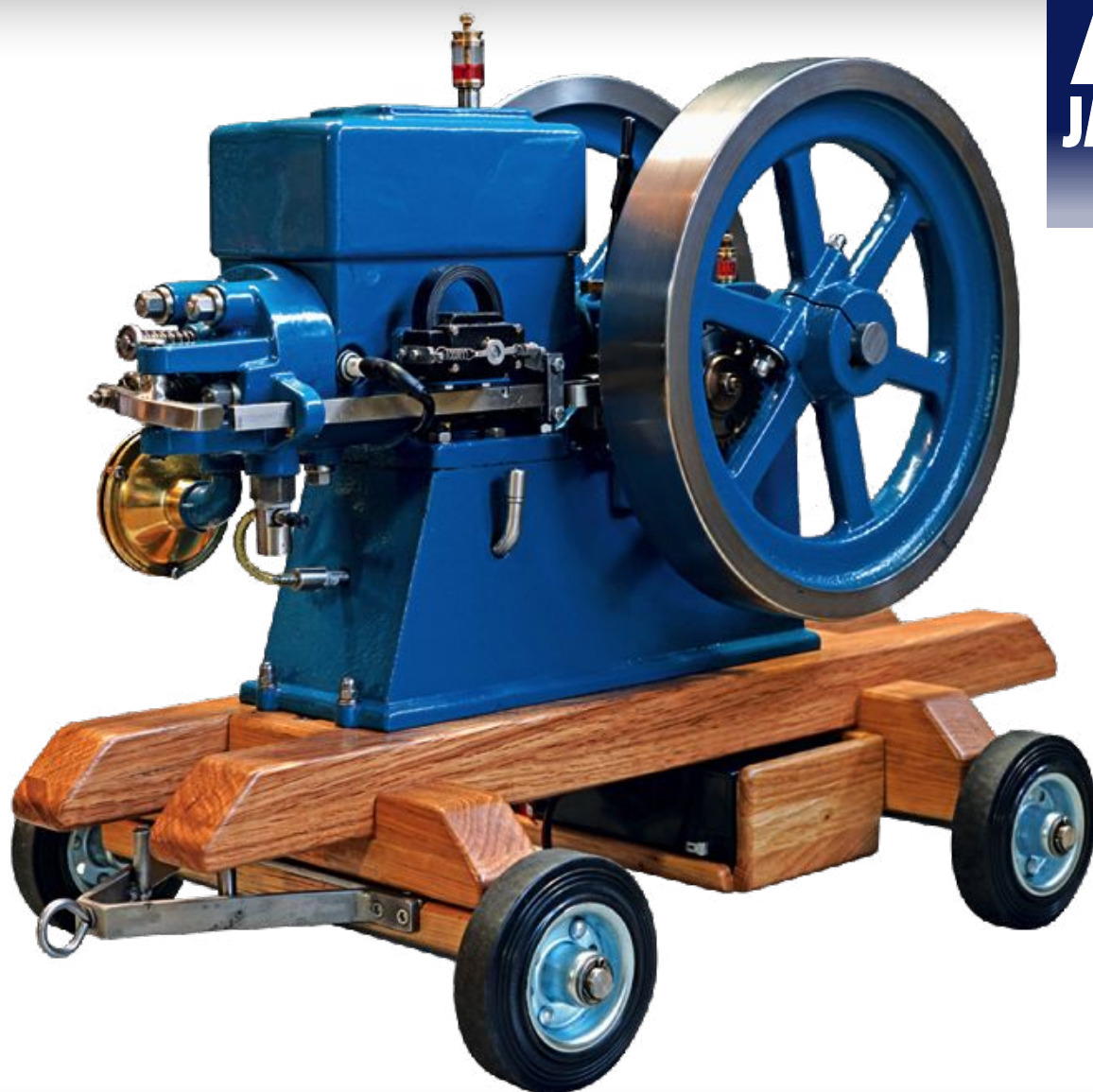
Besonders großer Publikumsandrang herrschte in den Havenwelten am Sail-Terminal. Die zahlreichen Windjammer und Spezialschiffe verbreiteten ein internationales Flair. Die Großsegler kamen aus Norwegen („Christian Radich“, Oslo), Schweden („Götheborg“), Polen, Indien, Ecuador und anderen Ländern. Durch das Park & Ride-System, die Shuttle- und Stadtbusse konnten die Besucher die Strecken zwischen Fischereihafen, Hauptbahnhof und Havenwelten zügig zurücklegen und das reichhaltige Angebot der Bremerhaven Sail genießen.

Die Deutsche Post gab zum Internationalen Windjammerfestival in Bremerhaven Sonderstempel und eine Sonderbriefmarke heraus. Der 62-Cent-Wert zeigt auf der Grundlage eines Fotos die bunte Vielfalt der Großsegler.

## Kontakt

Erlebnis Bremerhaven GmbH  
Hermann-Henrich-Meier-Straße 6  
27568 Bremerhaven  
Tel.: 0471 414141  
Internet: [www.bremerhaven-tourism.de](http://www.bremerhaven-tourism.de)  
E-Mail: [touristik@erlebnis-bremerhaven.de](mailto:touristik@erlebnis-bremerhaven.de)





# Ein Name steht für Modellbau

**Seit 70 Jahren** sind wir der führende Fachverlag für Modellbau-Literatur im deutschsprachigen Raum.

Der vth ist der größte deutschsprachige Literaturanbieter bei Funk-Technik und Funktionsmodellbau mit den 5 Fachzeitschriften FMT, Modellwerft, Truckmodell, Maschinen im Modellbau und rcTrend. Zahlreiche Sonderhefte, über 200 Buchtitel und Europas größtes Bauplanprogramm von mehr als 2.500 Exemplaren runden unser Angebot ab.

Die Schwerpunkte des Verlagsprogramms sind ferngesteuerte Flug-, Schiffs-, Auto- und Truck-Modelle.

Mehr Informationen unter [www.vth.de](http://www.vth.de)



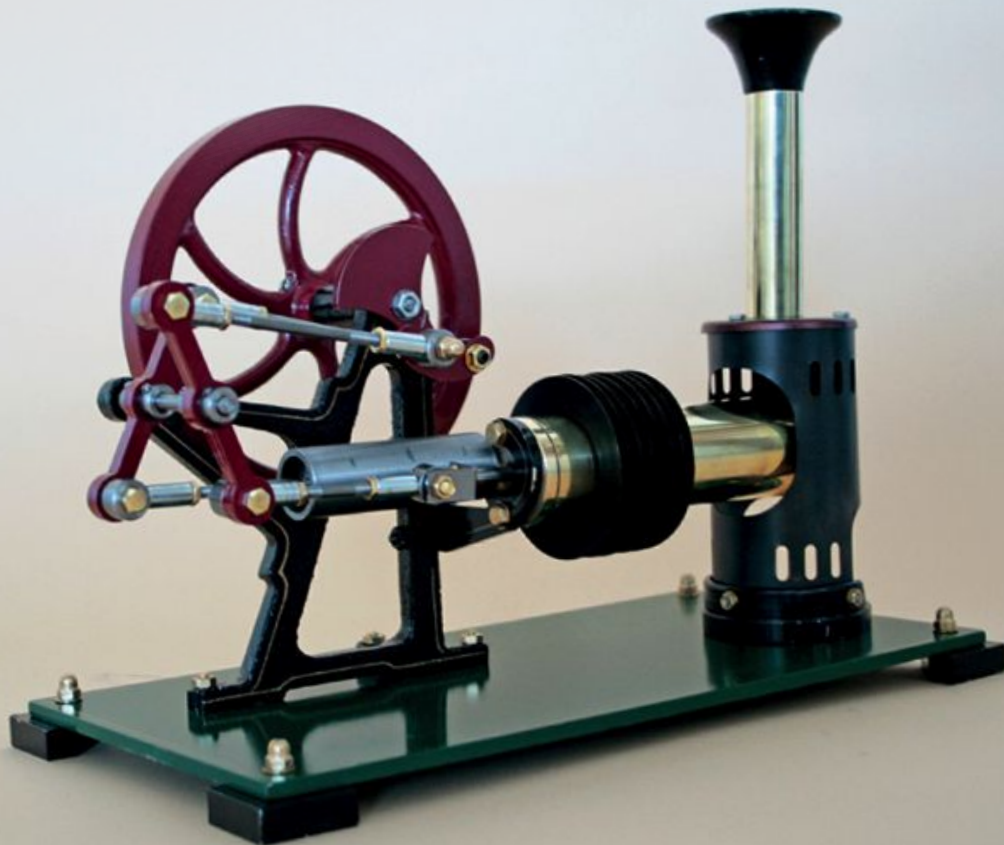
**Die ganze Welt  
des Modellbaus**

Verlag für Technik und Handwerk neue Medien GmbH



# Liegender Motor mit Schwinghebeln

Modell LMS



## Info und Bezug

Blechspielzeug & Metallwaren

Ing. R. Reichelt

Marie-Tilch-Straße 45

09123 Chemnitz

Tel.: 0371 219995

Mobil: 0177 1747237

Internet: [www.heissluftmotoren.de](http://www.heissluftmotoren.de)

## Roland Reichelt

Liegende Stirlingmotoren, übrigens früher in Deutschland einfach als Heißluftmotoren bezeichnet, hätten sehr viel Aufstellfläche in Anspruch genommen. Deshalb legte man die Hauptwelle mit dem Schwungrad nach oben und übertrug die kinematischen und notwendigen Steuer- und Schubkräfte mittels Schwinghebeln auf selbige.

## Mit Langläufer-Qualitäten

Um die Gleitbuchse der Verdrängerstange zu entlasten, waren im unteren Teil des Verdrängers und des Wärmetauscherrohres je eine Gleitbahn montiert, zwischen denen eine sich bewegende, breite Rolle angeordnet war. Selbige stützte dann rollenderweise das hohe Gewicht des Verdrängers ab. Geschmiert wurde diese meist nur vom herunterlaufenden Öl der Gleitbuchse an der Stirnwand des Wärmetauschers. Wegen dieser ungünstigen und sicher Probleme bereitenden liegenden Anordnung des Verdrängers und des schwer zu schmierenden Arbeitskolbens traf man solche Konstruktionen eher seltener an. Für den Modellbau aber ist eine solche Ausführung unproblematisch, zumal der Verdränger nur einige Gramm wiegt. Außerdem

wird in diesem speziellen Fall die aus Silberstahl bestehende Verdrängerstange in einer 30 mm langen halb harten Messingbuchse geführt. Das ergibt eine ausgezeichnete Gleitpaarung, was der in meinem Prospekt erwähnte liegende Stirlingmotor beweist, der nach einem Dauertest von 20.000 (!) Stunden immer noch perfekt läuft.

Als bald aber entdeckte man während der technischen Weiterentwicklung dieser Motoren, dass selbige in stehender Ausführung bedeutend weniger Reibungsverluste aufwiesen. Außerdem verbrauchten sie bedeutend weniger Brennstoff, da der stehende Wärmetauscher eine bessere Heizoberfläche bot. Deshalb sind bisher auch nur sehr wenige Exemplare



Um den Hub des Verdrängers sachgerecht zu justieren, wurden am Arbeitszylinder die Markierungspunkte oberer Totpunkt und unterer Totpunkt sowie Hubmitte gesetzt

in der liegenden Ausführung ausgemacht worden. Nachweislich steht noch so ein liegender Stirlingmotor mit einem oben liegendem Schwungrad aus der Erstzeit seiner Entwicklung im Deutschen Museum in München.

### Nicht schnell, aber kraftvoll

Trotz seiner ungünstigen Wärmeaufnahme in liegender Ausführung hat der hier vorgestellte Motor für die geringe Baugröße einen guten Durchzug beim Antreiben von Betriebsmodellen.

Durch die beiden Schwinghebel und die zugehörigen Pleuelstangen wird er am schnellen Lauf behindert. Er hat aber dennoch ein gut an der Schnurlaufrolle spürbares Drehmoment. Durch die geringere Drehzahl gegenüber seinen liegenden und linear direkt angetriebenen Artgenossen verweilt die sich im Wärmetauscher befindliche Luft in den jeweiligen Bereichen etwas länger, so dass sie sich im beheizten Teil etwas mehr erwärmt und im gekühltem Teil etwas mehr abkühlt. Dadurch wird der Temperaturunterschied und demzufolge auch die Druckdifferenz im Arbeitszylinder etwas größer, was logischerweise zur Steigerung des Drehmomentes führt. Daraus folgt also, dass dieser Stirlingmotor trotz geringerer Drehzahl ein größeres Drehmoment hat und so ungefähr die gleiche Arbeitsleistung bringt. Eigentlich ein Paradox.

### Zur Konstruktion

Die Schwungradwelle läuft beidseitig in eingeklebten Bronzelagern. Die Pleuelköpfe laufen auf Messinglagern, eine sehr einfacher Konstruktion. In der Anfangszeit der Ent-

Der Lieferumfang: Das kleine Drahtstück mit Öse stellt den Ölaufnehmer für das Fläschchen mit Ballistol-Waffenöl für die Verdrängerstange dar

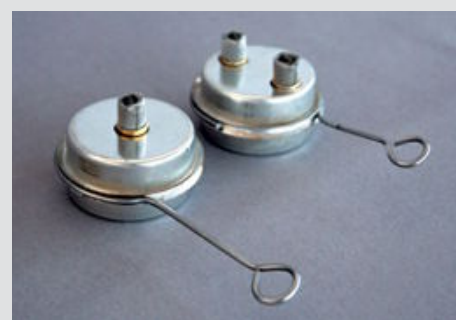


wicklung solcher Stirlingmotoren habe ich eine Weile mit Ansatzschrauben gekämpft, was allerdings allerhand Probleme bei der Passgenauigkeit und wegen der vielen benötigten unterschiedlichen Schraubenlängen bereitete. Erst als ich eine Firma entdeckte, die mir nach meinen Wünschen kleinste Zuschnitte aus Messingrohr von geringem Durchmesser liefern konnte, benutzte ich diese als Lagerstelle, die ich auf jeglichen gewindetragenden Kurbelbolzen aufbauen konnte. Zwischen zwei Muttern wird ein solcher kleiner Zuschnitt und ein vorher darüber geschobener Pleuelkopf durch Festziehen positioniert und schon ist eine funktionstüchtige Pleuellagerung entstanden. Das sind so klitzekleine Erfindungen mit großer Nachhaltigkeit. Ein klein wenig geölt und diese Gleitpaarung hält fast ewig.

Wem diese mit leichtem Spiel versehenen Lagerstellen doch ein wenig zu laut sind, der muss zum Schmieren nur einen Tropfen Motoren- oder Getriebeöl verwenden und schon läuft der Motor flüsterleise. Wenn man diese Konstruktion vergleicht mit den in der Gründerzeit als Spielzeug hergestellten Stirlingmotoren mit ihren aus dünnem Blech gestalteten Antriebsstangen, sind das geradezu königliche, unverwüstliche und leicht auszuwechselnde Lagerstellen.

Dem Nachteil der schlechteren Beheizbarkeit des liegenden Wärmetauschers steht die sehr effektive Möglichkeit der

Luftkühlung mit runden Kühlrippen gegenüber. Wer also etwas mehr Drehzahl und Leistung möchte, kann einen Spiritusbrenner mit zwei Dochten bestellen, der mehr Wärme in das System bringt. Damit die runden brünierten Kühlrippen die Wärme vom Rohr des Wärmetauschers gut abgreifen können, sind sie mit einem tiefgezogenen Kragen versehen, der ca. 3 mm breit aufliegt. Das gewährt eine gute Kühlung mit der Garantie auf thermische Festigkeit.



Für mehr Drehzahl kann optional ein Brenner mit zwei Dochten bestellt werden

### Technische Daten

Höhe über Schwungrad	210 mm
Durchmesser Schwungrad	145 mm
Breite	160 mm
Länge	300 mm
Gewicht	ca. 1,5 Kg



# Die Zeitmaschine

## Raddampfer „Rigi“ in 1:50

### Thomas Hillenbrand

Ende Juni 1967, ein sonniger Tag über der kleinen rheinischen Industriestadt. Ist vielleicht heute ein Paket aus der Schweiz angekommen? Der 14-jährige Modellbauer kann es kaum erwarten, den Bausatz der „Rigi“ von Billing Boats zu erhalten. Schon vor Wochen wurde er beim Modellbauversand C. Streil in Zürich bestellt.

### Schöne Erinnerungen

Die Anforderungen des Gymnasiums konnten mit minimalen, gerade noch ausreichendem Einsatz mehr schlecht als recht so nebenbei erfüllt werden. Der öde Schulstoff – von den Fächern „Kunst“ und „Deutsch“ einmal abgesehen – findet nicht das Interesse des Jungen. Jeden Mittag erwartet er, bevor er das Elternhaus betritt, voller Spannung die

Ankunft des Bausatzes. Als der Junge heute am frühen Nachmittag von der Schule heimkehrt, ist die sehnlichst erwartete Sendung endlich angekommen.

Unkonzentriert, lustlos und hastig erledigt er an jenem Tag die wichtigsten Hausaufgaben, um endlich sich dem Objekt seiner Leidenschaft zuwenden zu können. Er findet sauber ausgestanzte Spanten aus Sperrholz, Abachileisten für den Rumpf und auf gleichartigen, wenn auch leicht spaltenden Brettchen, aufgedruckte Seitenwände für den Salon und die Teile des Decks. Auch der recht genaue Plan lässt keine Wünsche übrig. Noch am Abend beginnt er in der Kellerwerkstatt mit dem Bau. Erfahrung und Können des jungen Modellbauers sind begrenzt, nicht aber seine Ambitionen. Nach wenigen Wochen ist das kleine Schiff fertig gestellt. Eine Fernsteuerung wurde niemals eingebaut, jedoch ein Monoperm Motor, der das Modell langsam über Kiesgrubengewässer des Westerwalds gleiten ließ.

Viele Jahre vergehen, dem früheren Modellbauer erwachsen andere Interessen. Die

ganze Zeit über stand das inzwischen etwas derangierte und verstaubte Modell der „Rigi“ im elterlichen Haus.

Der nun schon ältere Modellbauer mochte es bei Besuchen zugegebenerweise nicht sehr gerne ansehen – Ungenauigkeiten und Unsauberkeiten waren bereits aus mehreren Metern Entfernung wahrnehmbar und vermittelten ihm mit seinen nun wesentlich besseren Fähigkeiten wenig Freude. Doch auf der anderen Seite traten zunehmend Erinnerungen an die nun bereits Jahrzehnte zurückliegende Zeit des Baues in das Bewusstsein. Hatte damals nicht sogar die Idee bestanden, die „Rigi“ mit einer kleinen Dampfmaschine auszurüsten? Der Mangel an Geld und Möglichkeiten, Geschicklichkeit und Erfahrung hatten dies allerdings vereitelt.

### Rekonstruktion der „Rigi“

Immerhin neun dampfgetriebene Schiffsmodelle hatte ich seit dem Wiedereinstieg in den Modellbau bereits fertig gestellt. Wie reizvoll wäre es, der kleinen Rigi nun fast 40 Jahre später doch noch einen Dampfantrieb

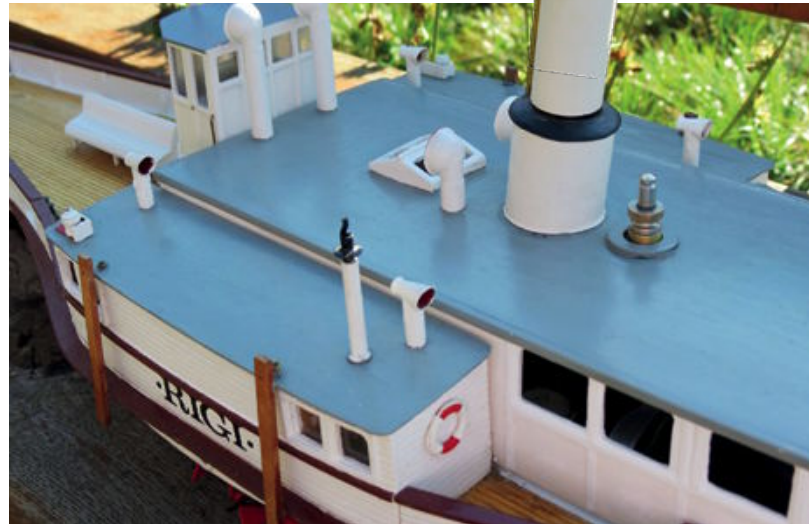




Einige Kleinteile wie selbstgeschnittzte Bugzier, Ankerwinde, Poller und Lüfter wurden vom 1967 gebauten Modell übernommen



Auch die Wände und Türen des Salons stammen vom „Original“-Modell



Der Schornstein wurde aus dünnem Alublech neu gebaut – einem tieferen Schwerpunkt zuliebe

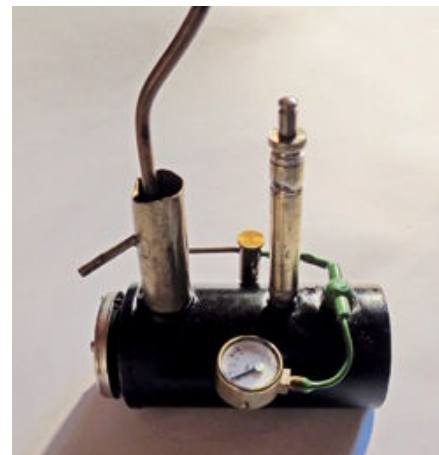
zu verpassen! Von Anfang an war allerdings offensichtlich, dass das Schiffchen fast gänzlich neu aufgebaut werden musste. Der Plan war nicht mehr vorhanden, doch bei einem Besuch des Verkehrshauses in Luzern erstand ich das Bordbuch und fotografierte das originale Schiff in allen Einzelheiten. Mit diesem Material ging es erst einmal an den Abbruch. Wiederverwendet werden konnten dennoch etliche Teile: Spanten und Kiel, Wände und Türen des Salons sowie einige Kleinteile wie die von mir geschnittzte Bugzier, Ankerwinde, Poller und Lüfter. Alle anderen Teile sind neu.

Da Innenraum und Tragfähigkeit sehr knapp waren, musste überall Gewicht eingespart werden. Die Spanten wurden viel weiter ausgeschnitten, der fertige Rumpf erhielt durch Laminierung mit GFK Festigkeit und Dichtheit.

Beim Abbruch des alten Modells hatte ich einen Verzug des Rumpfs von immerhin 4 mm festgestellt – kein Wunder, dass damals auch bei Windstille kein Geradeauslauf zu erreichen war. Auch die Stabilität war, wie



Die exzentergesteuerten Seitenräder sind aus Alu. Sie drehen sich sehr leicht

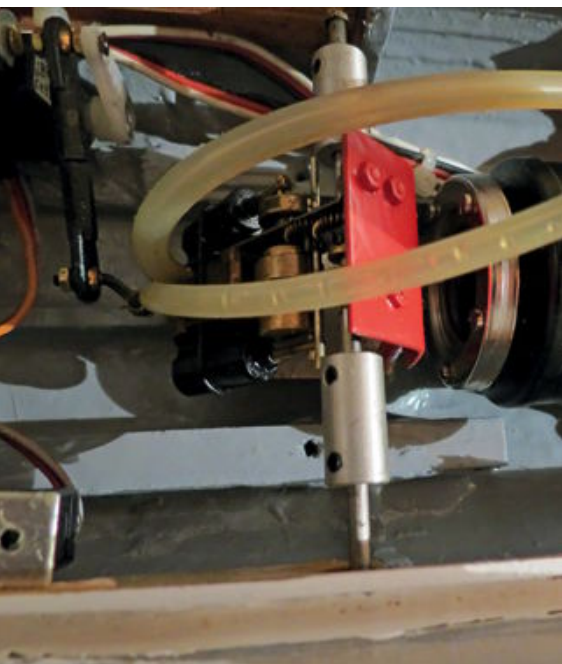


Der Kessel ist ein Eigenbau aus 0,5-mm-Messingblech

ich mich erinnerte, unbefriedigend gewesen. Schon leichter Wind verursachte Schlagseite, der schwere aus Messing gedrehte Kamin war zweifellos deren Hauptursache. Aus dünnem 0,2-mm-Alublech fertigte ich einen neuen

Kamin. Die exzentergesteuerten Seitenräder sind ebenfalls aus Aluminium, sie laufen leicht und ohne Hemmung. Radkästen, Reling und der Unterbau des Steuerhauses bestehen aus dünnem Abachi mit Bretter-





Die Hielscher Mini Steam Maschine passt ausgezeichnet zum Modell



Blick in den GFK-verstärkten Rumpf mit eingebauter Dampf- und RC-Technik

## Das Original

Die „Rigi“ wurde 1847 als drittes Dampfschiff für den Vierwaldstätter See bei der Werft Ditchburn & Mare in London bestellt. Der eiserne Schiffskörper wurde ab September des Jahres in Sektionen per Schiff, per Eisenbahn und ab Basel mit Fuhrwerken nach Luzern gebracht. Kessel und Maschine wurden etwas später auf dem gleichen Weg versandt.

Nach dem Zusammenbau erfolgte die Jungfernfahrt am 1. April 1848. Im Lauf der Zeit erfuhr die „Rigi“ viele Veränderungen: Verlängerung um vier Meter 1860, neue Maschinen- und Kesselanlage 1893, Aufbau eines Decksalons ab 1904 und 1921. Erst 1925 erhält das Schiff mit einem Steuerhaus seine endgültige Form. Die „Rigi“ wird im Mai 1952 außer Dienst gestellt und verrottet zusehends. Mit dem Bau des Verkehrshauses erinnert man sich an das mittlerweile sehr heruntergekommene Schiff – es wird 1959 im Garten des Museums aufgestellt und vollständig renoviert. Hierbei werden sogar Teile in Beton nachgebaut. Bis 2005 konnte man das Schiff in seiner letzten Bauform besuchen. Das Hochwasser in jenem Jahr beschädigte das Exponat sehr schwer. Da der Rumpf nicht mehr dicht war, drang Wasser ein, alle Holzteile wurden durch Pilzbefall unbrauchbar. In den folgenden Jahren wurde die „Rigi“ mit sehr großem Aufwand im Zustand von ca. 1870 restauriert, er unterscheidet sich stark vom Endzustand meines Modells.

struktur. Die Bank auf dem Vorderdeck lässt sich abheben, im Rumpf darunter liegt die leichte und langlebige Lithium-Batterie für die Fernsteuerung.

Mit Hilfe der Fotos gelang es, ein weitgehend originalgetreues Modell der „Rigi“ der letzten Einsatzzeit bis 1952 zu rekonstruieren. Es ist jedoch nicht perfekt, da mir die Authentizität durch die Verwendung der alten Teile wichtig war.

Die eigentliche Herausforderung lag nach der Fertigstellung darin, einen kleinen und leichten Dampftrieb zu schaffen, der durch Fernsteuerung alle Manöver ermöglichen würde.

## Der Kessel

Der kleine Flammrohrkessel ist 90 mm lang bei 45 mm Durchmesser. Um Gewicht zu sparen, ist die Wandstärke aus 0,5-mm-Messingblech noch ausreichend dimensioniert. Von Wileco verwendete ich ein rundes Schauglas für den Wasserstand. Beim Hartlöten war es schwierig, die dünnen Blechteile nicht zu überhitzen und zu verbrennen. Ein 18-mm-Flammrohr mit zwei Quersiedern tritt unter dem Kamin aus. Der Kessel war auf Antrieb dicht und wurde von mir mit 4 bar Wasserdruck geprüft. Der Gastank direkt hinter dem 14-mm-Rothenberger-Brenner kann mit einem Schnellventil sicher befüllt werden.

## Die Maschine

Zunächst verwendete ich eine kleine oszillierende Maschine von Laspe mit 8 mm Bohrung und 10 mm Hub. Das gut und sauber gearbeitete Aggregat war jedoch zu kraftvoll und etwas zu schwer, auch der kleine Kessel war schnell überfordert.

Eine sehr interessante und leistungsfähige Maschine ist die Ministeam Andreas von „Hielscher“. Die winzige oszillierende Zweizylindermaschine hat 6 mm Hub bei 5 mm Bohrung. Durch die hohe Untersetzung von 1:11 bei Radantrieb besitzt sie ein großes Drehmoment und ist für kleine Modelle eine ausgezeichnete Wahl. Die Antriebswellen konnten direkt mit den Radwellen verbunden werden.

Wegen der zwangsläufig entstehenden Vibrationen ist es nicht sinnvoll, die Maschine fest einzubauen. Die mit der Maschine fest verbundenen Messingröhrchen werden einfach über die im Schiffsboden fixierten parallelen Stangen geschoben, sie sind nicht weiter befestigt. So können sich die Bewegungen der Maschine nach oben und unten leicht ausgleichen.

Bei dem geringen Druck bis 1,5 bar genügen als Dampfleitungen Silikonschläuche. Durch ein Miniservo lässt sich der Antrieb gut und sicher regeln. Das Modell funktionierte mit dieser Anlage von Anfang an störungsfrei, eine Kesselfüllung reicht für 20 – 25 Minuten Fahrt.

## Fahrten

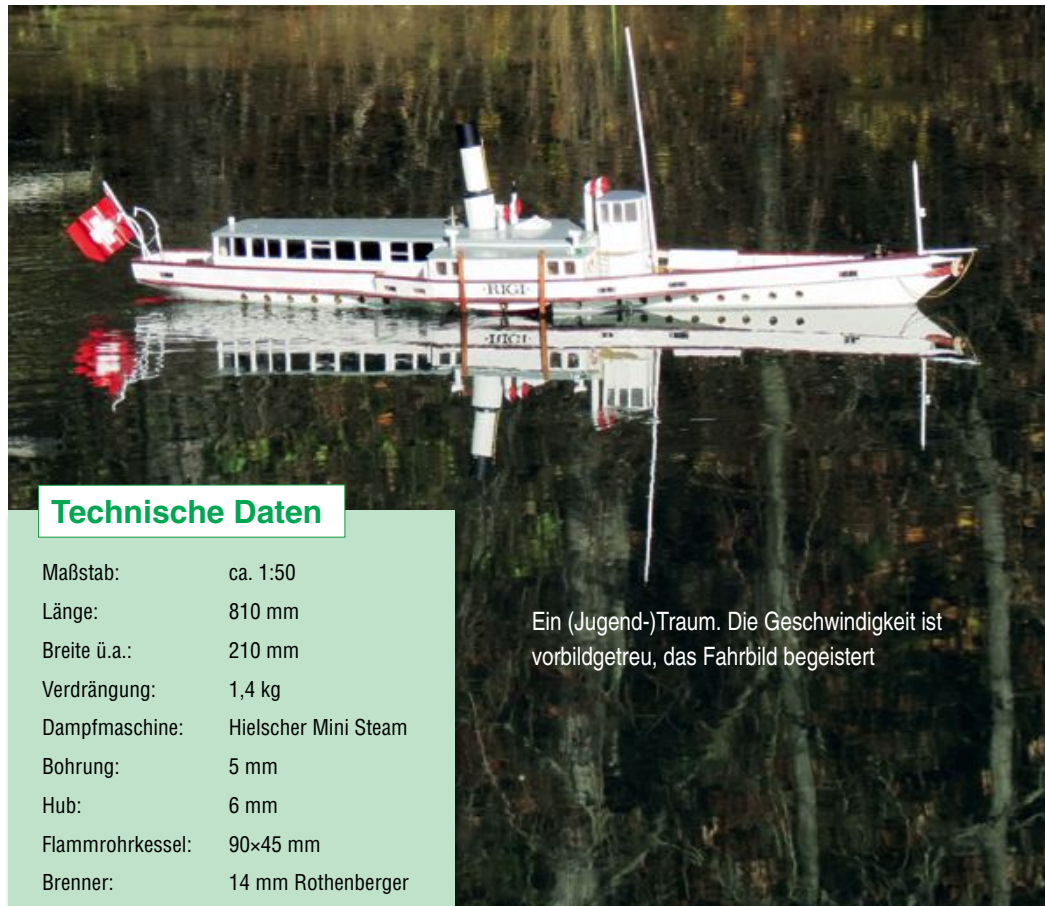
Die Stabilität des kleinen Schiffs war anfangs wieder unbefriedigend. Wie vor Jahrzehnten erzeugten bereits leichte Windböen Schlagseite. Eine weitere Zugabe an Ballast wäre nicht möglich gewesen, der Wasserspiegel lag bereits über der Konstruktionswasserlinie. Bei dem Raddampfer „Mount Washington“ hatte ich dieses Problem durch zur Hälfte eintauchende Wülste aus Balsa vor den Rädern gelöst. Die Wülste sind farblich und der Rumpfform angepasst, fallen im Wasser kaum auf und können in Sekunden demontiert werden, soll das Modell auf einer Ausstellung gezeigt werden. Deren Auftrieb erzeugt eine wesentlich größere Stabilität. Meiner Ansicht nach ist dies die einfachste und beste Lösung, Modellen von Seitenraddampfern zu mehr Fahrstabilität zu verhelfen.

Nach diesen Änderungen lag das Kleindampfschiff stabil im Wasser, eine vom Sicherheitsventil ausgehende kleine Dampffah-

ne zeigte Fahrbereitschaft. Regler des Senders nach vorn – mit einer wunderbaren Verwirbelung des Wassers nahm die „Rigi“ schnell Fahrt auf. Durch die geringe Verdrängung lässt sich das Schiffein viel direkter steuern als schwerere Modelle, die Geschwindigkeit ist maßstäblich. Die sichere Dampftechnik (keine Störung und kein Ausfall bis jetzt) macht das Fahren nach dem Arbeitstag an schönen Sommer- und Herbstabenden zum Vergnügen.

### Weitere „Rigi“-Modelle?

Erinnert sich ein geschätzter Leser an die „Rigi“ von Billing Boats? Ich habe niemals später irgendetwas über dieses Modell gehört oder gelesen, auch nicht im Internet. Im Internetauktionenhaus werden hin und wieder noch Bausätze und fertige Modelle der ähnlich dimensionierten „Hjeilen“ angeboten, doch die „Rigi“ scheint spurlos verschwunden zu sein. Eine gute Gelegenheit, ein wenig Modellbauarchäologie zu betreiben... Falls Sie Erinnerungen an das „Rigi“-Modell oder Fragen haben sollten, schreiben Sie mir bitte unter: tomhil@gmx.net



#### Technische Daten

Maßstab:	ca. 1:50
Länge:	810 mm
Breite ü.a.:	210 mm
Verdrängung:	1,4 kg
Dampfmaschine:	Hielscher Mini Steam
Bohrung:	5 mm
Hub:	6 mm
Flammrohrkessel:	90x45 mm
Brenner:	14 mm Rothenberger

Ein (Jugend-)Traum. Die Geschwindigkeit ist vorbildgetreu, das Fahrbild begeistert

Anzeige

FLUGMODELL UND TECHNIK  
**FMT**  
Die führende Fachzeitschrift

RC **TREND**

**MODELLWERFT**  
Das führende Fachmagazin für Schiffsmodellbauer

**TRUCK**  
**modell**  
Die führende Fachzeitschrift für LKW-Modellbau

**MASCHINEN**  
**im Modellbau**  
Die Fachzeitschrift für den technischen Funktionsmodellbau

+++ Messetermine +++ Messetermine +++ Messetermine +++ Messetermine +++

## Besuchen Sie uns am Messestand – es lohnt sich!

**18.03. - 20.03.2016 Faszination Modelltech Sinsheim**

**08.04. - 10.04.2016 Modellbau Wels**

**20.04. - 24.04.2016 Intermodellbau Dortmund**

### Wir freuen uns auf Sie!

#### Das VTH-Fachliteratur-Programm

- Fachzeitschriften zu allen Modellbau-Themen
- zahlreiche Sonderausgaben
- über 100 Modellbau-Fachbücher

#### Der Bauplanservice für unsere Leser

Sie \*bestellen bis zu drei Baupläne Ihrer Wahl aus dem VTH-Bauplanprogramm.

\*Annahmeschluss ist jeweils eine Woche vor Messebeginn.

### kostenloser Bauplanservice

- Diese Baupläne liegen für Sie reserviert am VTH-Stand bereit
- Sie können sich die Pläne in Ruhe ansehen und sich entscheiden
- Es besteht keine Kaufverpflichtung



**BESTELLSERVICE Tel: 07221 - 5087 -22**  
**Fax: -33, service@vth.de • www.vth.de**

Verlag für Technik und Handwerk neue Medien GmbH  
76532 Baden-Baden · Robert-Bosch-Straße 2-4  
Telefon: 07221 - 5087-0 · Fax: 07221 - 5087-52  
e-Mail: service@vth.de · www.vth.de



**3/2016: ab dem 14. April 2016 im Handel!**  
**Wir berichten unter anderem über folgende Themen:**



Der Phoenix-Forstschlepper „Centipede“



Die CSS „David“ – ein Torpedoboot der konföderierten Marine von 1863



Selbstbau eines professionellen Schneckengetriebes

## Impressum

**MASCHINEN  
im Modellbau**  
 Die Fachzeitschrift für den technischen Funktionsmodellbau

17. Jahrgang

www.vth.de/maschinen-im-modellbau

### Redaktion

Peter Hebbeker (verantwortlich), Tel.: 0 72 21/50 87-83  
 Stefan Ulsamer, Tel.: 0 72 21/50 87-32  
 Konstanze Klinger-Schramm (Redaktionsassistentin),  
 Tel.: 07221/5087-90, Fax: 07221/5087-52,  
 E-Mail: Maschinen-im-Modellbau@vth.de  
 Dr. Frank Kind (Mitarbeit Lektorat)

### Gestaltung

Roman Blazhko, Thomas Schüle, Sebastian Reßler

### Geschäftsführer

Thierry Kraemer

### Anzeigen

Cornelia Maschke, Tel.: 07221/5087-91, Fax: 07221/5087-65  
 André Petras, Tel.: 07221/5087-60  
 E-Mail: Anzeigen@vth.de  
 Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 4 vom 01.01.2015

**vth** Verlag für Technik und Handwerk  
 neue Medien GmbH

Robert-Bosch-Str. 2-4  
 D-76532 Baden-Baden  
 Tel.: 0 72 21 / 50 87-0  
 Fax: 0 72 21 / 50 87-52

### Konten

Sparkasse Rastatt-Gernsbach  
 Konto-Nr. 385500  
 BLZ 665 500 70  
 IBAN DE10665500700000385500  
 BIC/SWIFT SOLADEST1RAS

### Abonnement-Marketing und Vertrieb

Verlag für Technik und Handwerk neue Medien  
 GmbH  
 Robert-Bosch-Str. 2-4,  
 76532 Baden-Baden  
 Nicole Linhardt  
 Tel.: 07221 508 771, Fax: 07221 508 733  
 E-Mail: nicole.linhardt@vth.de

### Vertrieb

MZV Moderner Zeitschriften Vertrieb GmbH & Co. KG  
 Ohmstraße 1, D-85716 Unterschleißheim  
 Tel.: 089/31906-0, Telefax 089/31906-113

„Maschinen im Modellbau“ erscheint 6 mal jährlich,  
 jeweils Februar, April, Juni, August, Oktober und Dezember

Einzelheft: 6,50 € / CH: 12,00 €  
 Abonnement Inland: 39,00 € pro Jahr  
 Abonnement Ausland: 45,60 € pro Jahr

### Druck

Dierichs Druck & Media GmbH & Co. KG, Kassel

**Maschinen  
im Modellbau**  
 wird auf umweltfreundlichem,  
 chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.



**MASCHINEN IM MODELLBAU**  
 jetzt auch erhältlich im PRESSE-Fachhandel



Die neue Maschinen  
 im Modellbau  
 finden Sie u. a. im  
 Zeitschriftenhan-  
 del, im Flughafen-  
 und Bahnhof-  
 buchhandel und in  
 allen Geschäften  
 mit diesen Zeichen.

Für unverlangt eingesandte Beiträge kann keine Verantwortung übernommen werden. Mit Übergabe der Manuskripte und Abbildungen an den Verlag versichert der Verfasser, dass es sich um Erstveröffentlichungen handelt und dass keine anderweitigen Copy- oder Verlagsverpflichtungen vorliegen. Mit der Annahme von Aufsätzen einschließlich Bauplänen, Zeichnungen und Bildern wird das Recht erworben, diese auch in anderen Druckerzeugnissen zu vervielfältigen. Eine Haftung für die Richtigkeit der Angaben kann trotz sorgfältiger Prüfung nicht übernommen werden. Eventuell bestehende Schutzrechte auf Produkte oder Produktmarken sind in den einzelnen Beiträgen nicht zwingend erwähnt. Bei Erwerb, Errichtung und Betrieb von Sende- und Empfangsanlagen sind die gesetzlichen und postalischen Bestimmungen zu beachten. Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht in jedem Fall die Meinung der Redaktion wieder.

ISSN 0947-6598

© 2016 by Verlag für Technik und Handwerk  
 neue Medien GmbH, Baden-Baden

Nachdruck von Artikeln oder Teilen daraus, Abbildungen und Bauplänen, Vervielfältigung und Verbreitung durch jedes Medium, sind nur mit ausdrücklicher, schriftlicher Genehmigung des Verlages erlaubt.

# Alles, was Männer wollen

1  
Feb/Mrz  
2016

D: 3,00 € • A: 3,45 € • CH: 5,50 SFr • Benelux: 3,65 € | 88610

# RC TREND

Modelle · Lifestyle · News · Technik

TEST:

## SPLASH DRONE

www.rc-trend.net



**ALLE NEUHEITEN**  
VON DER SPIELWARENMESSE  
**NÜRNBERG 2016**

Classic Airliners in Deutschland – Fliegen in Oldtimern der Luftfahrt

Ab  
**23.2**  
im Handel



BESTELLSERVICE Tel: 07221 - 5087 -22

Fax: -33, service@vth.de • www.shop.vth.de



# NEU im SHOP



## Aus dem Inhalt

- Warum CNC-Technik für den Hobbybereich?
- Achsantriebe
- Die Steuerungsarten
- Schrittmotoren
- Bau und Betrieb der Schrittmotor-Steuerung SRS 1X035
- Die Steuersoftware Mach3
- Nützliches Zubehör
- Die Praxis
- Erzeugen des CNC-Programms
- Aus DXF oder HPGL G-Code generieren
- Von der Idee zum fertigen Teil
- Technologie Fräsen
- Technologie Drehen
- Praktische Beispiele Fräsen
- Praktisches Beispiel Drehen
- Die CNC-Fräsmaschine als Zeichenmaschine
- Manuell G-Code programmieren

Christoph Selig

## CNC-Fräsen und -Drehen im Modellbau

### Grundlagen – Praxis – Tipps

Auch aus dem Modellbau ist die computergesteuerte Fertigung nicht mehr wegzudenken. Nicht nur industrielle Hersteller, auch immer mehr Modellbauer selbst nutzen CNC-gesteuerte Maschinen zur Herstellung von Teilen.

Christoph Selig weilt Sie in diesem Buch in die Geheimnisse des CNC-Fräsens und – erstmals – des CNC-Drehens ein. Umfassend geht er sowohl auf die Hardware, die Software und auch die Werkzeugmaschinen ein. Dabei sind Grundlagen, vor allem aber auch die Praxis des Umbaus und des CNC-gesteuerten Fertigens das Thema, sodass der Leser einen kompletten Einblick in diese faszinierende und den Modellbau teils revolutionierende Technik bekommt.

240 Seiten, Best.-Nr.: 3102256,

ISBN: 978-3-88180-471-4, Preis: 29,80 € [D]

... viele weitere Bücher, Baupläne, Frästeile & Zubehör im Shop



**BESTELLSERVICE Tel: 07221 - 5087 -22**  
**Fax: -33, [service@vth.de](mailto:service@vth.de) • [www.shop.vth.de](http://www.shop.vth.de)**